SAGGIO

DI UNA TEORIA

DELLE VARIAZIONI PRODOTTE NEL MAGNETISMO DI UNA VERGA

DA AZIONI MAGNETTIZZANTI

E DA AZIONI PURAMENTE SMAGNETIZZANTI

DI

PIETRO DOMENICO MARIANINI

Professore di Fisica nella R. Università di Modena

MODENA

TIPOGRAFIA DELL' EREDE SOLIANI

1870

Modena 7 Gennaio 1871 Tip. Erede Soliani

Copie 100 in 4.°

— Copie 2 —

SAGGIO
DI UNA TEORIA
DELLE VARIAZIONI PRODOTTE NEL MAGNETISMO DI UNA VERGA
DA AZIONI MAGNETIZZANTI
E DA AZIONI PURAMENTE SMAGNETIZZANTI

DI

PIETRO DOMENICO MARIANINI

PROFESSORE DI FISICA NELLA R. UNIVERSITÀ DI MODENA

È noto che se due verghe di sostanza magnetica egualmente lunghe e magnetizzate nel modo ordinario, cioè coi poli alle estremità, si uniscono in modo che il polo nord dell' una vada a giacere presso al sud dell' altra, e viceversa, il magnetismo di queste verghe, finchè esse stanno così riunite, riesce aumentato; mentre i segni esterni di questo magnetismo riescono diminuiti. E se le forze magnetiche delle due verghe sono eguali, ponno anche scomparire quasi affatto i segni esterni del loro magnetismo, specialmente se lo si esplora a qualche distanza; se poi le dette forze sono alquanto diverse, allora si hanno chiari segni soltanto del magnetismo della verga che ha maggior forza, minori però di quelli che avrebbersi se l' altra fosse rimossa. Si concepisce quindi la non impossibità di due sistemi magnetici opposti esistenti

in una medesima verga, e ciascuno avente i suoi poli alle estremità di essa, così che, o non si abbiano segni di loro esistenza, essendo essi eguali, ovvero, essendo diseguali, si abbiano soltanto segni del più forte, minori però di quelli che si avrebbero se mancasse l' altro.

Quel magnetismo, costituente un sistema magnetico o porzione di un sistema magnetico e che non appare alle esplorazioni ordinarie, a motivo di un sistema magnetico inverso esistente o nel medesimo pezzo di sostanza magnetica ovvero in un pezzo vicino, fu chiamato del prof. Stefano Marianini *magnetismo dissimulato*. Egli dimostrò sperimentalmente che in certi casi esistono in' un medesimo pezzo di sostanza magnetica due sistemi magnetici opposti, in tutto o in parte dissimulantisi, e diede quindi ragione di parecchie anomalie osservate nelle proprietà magnetiche del ferro, acciajo, ecc., ed insegnò a produrre certi fenomeni magnetici, che prima, o non si conoscevano, o non si sapevano riprodurre. I risultamenti da lui ottenuti su questo argomento mi condussero a stabilire la ipotesi della esistenza di forze coercitive diverse in un medesimo pezzo di sostanza magnetica, alla quale ipotesi io appoggio la nuova teoria.

Gli accennati studi del prof. Stefano Marianini non sono molto conosciuti, forse perchè sparsi in parecchie sue Memorie, ed ho quindi stimato opportuno di esporne qui un sunto, nel quale ho procurato di raccogliere compendiosamente la sostanza delle cose a lui dovute su'l' indicato argomento; il quale sunto costituisce il primo capitolo di questo scritto. Il secondo capitolo versa sul-l' uso dei magnetometri per la esplorazione di una verga dritta e magnetizzata tutta in un senso, ed ha per iscopo di dare una idea degli apparecchi che mi servivono nelle sperienze dirette a verificare i risultamenti della teoria. Il terzo capitolo riguarda la ipotesi della esistenza di forze coercitive diverse in un medesimo pezzo di sostanza megnetica. La conseguente teoria delle variazioni prodotte nel magnetismo di una verga da azioni magnetizzanti e da azioni puramente smagnetizzanti è svolta nei sette rimanenti capitoli.

Capitolo I.

Sunto delle principali cose del prof. Stefano Marianini sul magnetismo dissimulato e sui fenomeni da esso dipendenti.

§. 1. Se si prende una verga di ferro o d' altra sostanza magnetica, nuova pel magnetismo, la quale cioè non sia mai stata magnetizzata dopo l' ultimo arroventamento prodotto in essa, e la si magnetizzi col polo nord ad una estremità e il sud all' altra, indi con opportune magnetizzazioni contrarie si distrugga la polarità della verga senza far sorgere la polarità inversa, questa verga, rispetto alla suscettibilità di acquistare magnetismo sensibile, non è più nello stato in cui si trovava quando non era ancora stata magnetizzata.

Chiamiamo A e B le due estremità della verga, e supponiamo che sia stata magnetizzata col nord in A ed il sud in B per mezzo di un' azione magnetizzante, la cui intensità chiamo I, e che poi sia stata spolarizzata, come dicemmo, per mezzo di opportune magnetizzazioni contrarie. L' alterazione subita dalla verga nella sua suscettibilità a magnetizzarsi consiste in ciò che, esercitando ora su di essa un' azione magnetizzante la cui intensità (che chiamerò I') sia minore di I, e sia lontana dal poter saturare la verga, se questa azione è diretta in modo da magnetizzarla nel senso in cui già lo fu, cioè col nord in A ed il sud in B, la verga acquista una forza magnetica maggiore di quella che per una eguale azione magnetizzante avrebbe acquistata dapprima; e se invece tale azione è diretta all' opposto, la verga stessa acquista una forza magnetica minore di quella che per la medesima azione magnetizzante avrebbe acquistata dapprima. Per cui mentre, prima della supposta operazione eseguita sulla verga, essa per l' azione magnetizzante d' intensità I' avrebbe acquistato un medesimo grado di magnetismo sensibile tanto agendo in un senso, come agendo nell' altro; dopo di quella operazione essa

acquista un magnetismo sensibile più forte se si agisce in modo da far nascere il polo nord in A, e meno forte se si agisce all' opposto. E da ciò viene di conseguenza che, mentre prima di quella operazione, per imprimere alla verga un dato grado di forza magnetica minore di quello che le fu impresso dall' azione magnetizzante d' intensità I, sarebbe occorsa un' azione magnetizzante di una medesima intensità (che chiamerò J) minore I, tanto volendo far nascere il polo nord in A, come volendo produrre in B; dopo quella operazione, invece, per generare nella verga quel medesimo grado di forza col nord in A basta un' azione magnetizzante minore di J, e per generarlo col nord in B se ne richiede una maggiore di J.

Questo fatto fu scoperto dal prof. Stefano Marianini nello studiare l' azione magnetizzante delle correnti elettriche istantanee.

Egli vide pure che se un ferro nuovo pel magnetismo venga magnetizzato in un senso con una azione magnetizzante, che chiamo I, poi ridotto ad un minor grado di forza magnetica, senza invertirne la polarità, per mezzo di opportune magnetizzazioni contrarie, esso non è nella stessa condizione in cui si troverebbe se a dirittura da principio con magnetizzazioni dirette tutte in un senso fosse stato portato a questo minor grado di forza magnetica. Giacchè un' azione magnetizzante minore della I e lontana dal poterlo saturare, agendo su di esso in modo da avvalorarne il magnetismo sensibile, aumenta la sua forza magnetica più nel primo caso che nel secondo; e agendo in senso contrario ne altera il magnetismo sensibile meno nel primo che nel secondo caso.

Se finalmente un ferro, nuovo pel magnetismo, venga magnetizzato in un senso con un' azione magnetizzante, che chiamo I, e poi con opportune magnetizzazioni contrarie venga invertita la sua polarità, ma la nuova forza magnetica sia molto minore della prima, esso si trova pure in condizione diversa da quella in cui sarebbe, se agendo a dirittura con magnetizzazioni dirette nel secondo senso, lo si fosse recato a quel medesimo grado di ma-

gnetismo sensibile. Esso infatti per un' azione magnetizzante diretta nel primo senso (la quale sia minore di I e lontana dal poter saturare il ferro) subisce un cambiamento nel suo magnetismo sensibile maggiore nel primo caso che nel secondo; e per una simile azione magnetizzante diretta nel secondo senso, subisce invece una variazione minore nel primo che nel secondo caso.

Egli vide ancora che, preparato un ferro con opportune magnetizzazioni in modo che, essendo privo di polarità magnetica, o presentando soltanto una polarità debole, sia più facile a subire alterazione nel suo magnetismo sensibile in un senso che in senso opposto, si può con ulteriori magnetizzazioni convenientemente dirette, invertire questa sua disposizione quante volte si voglia.

§. 2. Questi fatti gli fecero nascere il sospetto che le deboli magnetizzazioni contrarie adoperate o per seemare o per distruggere affatto il magnetismo sensibile nel ferro magnetizzato, o per far sorgere in esso una polarità inversa, non distruggessero propriamente magnetismo nel ferro, od almeno non ne distruggessero quanto le apparenze mostravano, ma ne generassero del contrario il quale coesistendo nel ferro distinto dal primo, o dalla parte rimasta del primo, o in parte o in tutto lo dissimulasse; e che dovesse il ferro riuscire così alterato nella suscettibilità a magnetizzarsi, come mostrano i fatti, per la diversità degli effetti che una ulteriore azione magnetizzante fosse atta a produrre sui due sistemi magnetici opposti coesistenti in esso, uno generato da un' azione magnetizzante più energica, l' altro da una meno energica. Egli poi riuscì a convalidare queste sue idee nel modo che sto per esporre nei quattro seguenti paragrafi.

§. 3. Fece molte sperienze sugli effetti che producono su di una verga di ferro o di acciajo o di ghisa, la quale sia stata magnetizzata soltanto in un senso, le diverse cause atte a distruggere e non a generare magnetismo; quali sono i riscaldamenti, le percosse, gli sfregamenti, le flessioni e le torsioni. Queste operazioni eseguivansi sulla verga sottratta all' azione magnetica terrestre. Ed una verga può ritenersi sottratta a quest' azione quando

è posta colla sua lunghezza normale ai meridiano magnetico, od anche soltanto normale alla direzione dell' inclinatorio.

Tali sperienze gli dimostrarono che ciascuna di queste operazioni puramente smagnetizzanti, praticata in un dato grado su di una verga, la quale sia stata magnetizzata solo in un senso, a parità delle altre circostanze della verga fa proporzionatamente maggiore effetto quando l'azione magnetizzante sia stata più debole. Un cilindretto di ferro per esempio, che non era mai stato magnetizzato, venne magnetizzato in modo che, messo poi su di un magnetometro comune, ne deviava l'ago di 8 gradi. Assoggettato poi ad un determinato urto e riapplicato al magnetometro ne deviava l' ago di un solo grado. Magnetizzato di nuovo e con un' azione magnetizzante più energica, così che applicato sul magnetometro produceva nell' ago una deviazione di 25 gradi assoggettato poi ad un urto eguale al precedente, esplorato al magnetometro, la deviazione dell' ago fu di 14 gradi. Nel primo caso adunque l' urto fece perdere al ferro $\frac{7}{8}$ del suo magnetismo sensibile, e nel secondo meno della metà.

E a questo proposito egli notò che non basta che il magnetismo sensibile di una verga sia più debole, acciocchè proporzionatamente maggiore sia la perdita ch' essa subisce per una data operazione puramente smagnetizzante; perchè, se quel debole magnetismo è un residuo di quello impresso da una forte azione magnetizzante, esso mostrasi anzi molto resistente alle operazioni puramente smagnetizzanti, e può accadere in questo caso che per una data operazione di tal fatta, anche più volte ripetuta, la verga non perda menomamente della sua forza magnetica.

§. 4. Poniamo mente ad un ferro, il quale sia stato magnetizzato più o meno fortemente in un senso, e poi con opportune magnetizzazioni contrarie (necessariamente più deboli delle precedenti) o sia stato privato affatto di magnetismo sensibile, ovvero questo sia stato molto diminuito o finalmente siasi fatto sorgere del magnetismo inverso, ma molto più debole di quello impressovi da principio. Se è vero, disse egli, che in questo ferro coesistono

due sistemi magnetici opposti, che cioè esiste il sistema magnetico generato dalla prima magnetizzazione, od almeno una parte di esso, ed anche un secondo sistema ad esso inverso generato dalla seconda magnetizzazione, sottoponendo un tal ferro ad una operazione puramente smagnetizzante non troppo gagliarda, questa dovrà distruggere una porzione maggiore del secondo sistema che non del primo, perchè questo proviene da un' azione magnetizzante più energica. E perciò, se il ferro sarà spolarizzato, dovrà in esso risorgere la polarità primitivamente da lui posseduta; se colle magnetizzazioni contrarie alle prime si sarà soltanto diminuita l' intensità del suo magnetismo sensibile, questa dovrà crescere; e se invece, colle seconde magnetizzazioni si sarà fatta sorgere una polarità inversa, questa dovrà molto diminuire o annullarsi od anche invertirsi.

Le sperienze da lui fatte su questo proposito diedero risultamenti pienamente conformi a queste deduzioni, e così la coesistenza dei due sistemi magnetici opposti dissimulantisi fu dimostrata.

E qui accennerò che dietro i risultati di queste sperienze egli insegnò a risolvere i seguenti problemi di magnetismo: 1.° Preparare un ferro che non presenti polarità magnetica e che per un opportuno urto od altra operazione puramente smagnetizzante acquisti polarità magnetica in un dato senso; 2.° Preparare un ferro in modo che, possedendo polarità magnetica, questa per una conveniente operazione puramente smagnetizzante venga ad avvalorarsi; 3.° Preparare un ferro in modo che, possedendo polarità magnetica, questa venga ad invertirsi per una operazione puramente smagnetizzante di forza conveniente.

§. 5. Fece poi sperienze sugli effetti che una data azione magnetizzante è atta a produrre su di un ferro, il quale possegga magnetismo sensibile e non sia stato magnetizzato che in un senso. E, senza eccezione, da queste esperienze risultò: 1.° Che una data azione magnetizzante quando agisce su di un tal ferro in modo da avvalorare il suo magnetismo, fa sempre più effetto ove il

ferro sia più debolmente magnetizzato. 2.° Che, se agisce in senso opposto, cioè in modo da tendere a distruggere il magnetismo esistente nel ferro, produce bensì un effetto di grandezza assoluta maggiore quando il ferro è più fortemente magnetizzato, ma, se la detta azione magnetizzante è debole, essa fa proporzionatamente più effetto quando il magnetismo già posseduto dal ferro è minore. 3.° Che, quando l' azione magnetizzante si esercita sul ferro in senso da diminuire il magnetismo ch' esso possiede, produce sempre maggior effetto che quando si esercita in senso da avvalorarlo, e che per distruggere in esso il magnetismo sensibile basta sempre un' azione magnetizzante molto minore di quella ch' è occorsa per generarlo. Tutto ciò verificossi costantemente, sperimentando su ferri i quali precedentemente erano stati magnetizzati solo in un senso.

§. 6. Ritenuto che nel ferro magnetizzato fortemente in un senso e poi ridotto con opportune magnetizzazioni contrarie o a non presentare polarità sensibile o a presentarne soltanto una debole, esistano due sistemi magnetici opposti in tutto o in parte dissimulantisi; siccome il secondo di questi proviene da magnetizzazioni deboli al confronto di quelle da cui è generato il primo, egli riteneva che quello, sebbene equivalente o poco diverso in forza da questo, fosse però alquanto più facilmente alterabile di questo da qualunque genere di azione atta ad alterare il magnetismo. Già le sperienze che io ho accennate nel quarto paragrafo gli aveano dimostrato che il secondo sistema era più facilmente alterabile del primo sotto le operazioni puramente smagnetizzanti; quelle che ho ricordate nel paragrafo precedente lo persuasero che, anche dalle azioni propriamente magnetizzanti, era il secondo più facilmente alterabile del primo. Egli quindi ragionava come segue: Se si agirà su di un tal ferro con una debole azione magnetizzante diretta nel senso del primo sistema magnetico, è ben vero che poco o nulla essa potrà avvalorare questo sistema, ma potrà bensì produrre un grande effetto sull' altro, perchè questa è assai facilmente alterabile, e inoltre, l' azione magnetizzante

tende a diminuirlo; e per questo l'effetto appariscente della detta azione magnetizzante dovrà essere maggiore di quello che essa produrrebbe nel medesimo ferro, ove questo possedesse il medesimo grado di magnetismo sensibile, ma imporessovi con magnetizzazioni dirette tutte in un medesimo senso. Ma se colla debole azione magnetizzante si agirà in senso opposto, allora essa tenderà a diminuire il primo de'due sistemi magnetici esistenti in quel ferro, ma non potrà in esso sistema produrre che una diminuzione comparativamente piccola, essendo questo sistema difficilmente alterabile; e piccolo dovrà essere anche l'effetto sul secondo sistema magnetico, giacchè essa tende ad avvalorarlo; e così riuscirà minore l'effetto appariscente prodotto in questo caso da quella azione magnetizzante.

§. 7. Le cose esposte sono, per quanto mi pare, la parte più sostanziale de'suoi studi sul magnetismo dissimulato. Aggiungerò tuttavia aver egli notato che, anche se nel ferro magnetizzato con magnetizzazioni dirette tutte in un senso venga distrutta la polarità per mezzo di operazioni meccaniche su di esso esercitate, si mostra poi esso ferro più facile ad acquistar magnetismo sensibile nel senso in cui fu da principio magnetizzato, e meno facile nel senso opposto. E descriverò ancora una sua sperienza, non pubblicata, e indicherò il modo con cui ne spiegava il risultato.

Egli prendeva una verga di ferro o d'acciajo e la magnetizzava col nord ad un estremo, che chiamo A, ed il sud all'altro, che chiamo B. Poi con sole magnetizzazioni contrarie convenientemente deboli, o distruggeva la polarità acquistata dalla verga, ovvero riduceva la verga a forza magnetica molto minore e colla polarità o nel medesimo senso, ovvero in senso inverso, cioè col nord in B e il sud in A. Dopo di che la verga era naturalmente più suscettibile di ricevere variazione nel suo magnetismo sensibile nel senso del nord in A che non nel senso opposto. Facendo scorrere allora la verga con tutta la sua lunghezza su di un polo di una calamita in senso tale che, se la verga non fosse mai stata magnetizzata, avrebbe dovuto nascere

il nord in B ed il sud in A, se la forza di questa calamita non eccedeva un certo limite, aveva luogo un effetto tutt' opposto a quello che si sarebbe aspettato. Poichè, o la verga era spolarizzata, e questa operazione faceva nascere il nord in A ed il sud in B; ovvero la verga aveva il nord in A ed il sud in B, e questa operazione invece di scemarne il magnetismo sensibile, lo avvalorava; ovvero la verga aveva il nord in B ed il sud in A, e questa operazione, invece di avvalorarne il magnetismo sensibile, lo diminuiva o lo distruggeva e in condizioni opportune ne faceva anche sorgere dell' inverso.

Il modo più facile e regolare per giungere a questi risultamenti si è quello di eseguire tutte tre le magnetizzazioni col medesimo metodo, cioè: facendo strisciare da un capo all' altro la verga su di un polo di una calamita forte, per la prima magnetizzazione; facendola scorrere nel medesimo senso e sul polo di nome diverso di una calamita opportunamente più debole (ovvero sull' altro polo della stessa calamita, ma a conveniente distanza da esso), per la seconda magnetizzazione; e facendola infine scorrere nel medesimo senso su di un polo, di nome pure diverso dal primo, ma di una calamita ancor più debole (ovvero sullo stesso secondo polo della prima calamita a distanza anco maggiore della precedente) per la terza magnetizzazione.

Venendo ora alla spiegazione del fenomeno, supponiamo che la verga sia stata magnetizzata per la prima volta facendola scorrere per tutta la sua lunghezza e cominciando dall' estremo A sul nord di una forte calamita, per cui sarà nato il nord in A; e poi sia stata magnetizzata all' opposto facendola scorrere per tutta la sua lunghezza e cominciando sempre da A sul polo sud di una seconda calamita più debole della prima, e supponiamo che con ciò la verga sia stata privata di magnetismo sensibile. Non considererò che questo caso per brevità. Che cosa dovrà succedere se dopo ciò faremo scorrere la verga nel medesimo modo sul polo sud di una terza calamita ancor più debole? Riflettiamo, diceva egli che questa operazione produce successivamente

su ciascun tratto della verga due azioni magnetizzanti tra loro opposte, la prima tendente a generare in quel tratto il nord verso A, la seconda, energica in media quanto la prima, tendente a produrlo verso B. Ma nella verga esistono due sistemi magnetici dissimulantisi, il primo, avente il nord in A, più tenace del secondo avente il sud in A. Ed essendo deboli le due azioni magnetizzanti che ora consideriamo, dobbiamo ritenere ch'esse abbiano specialmente effetto sul secondo dei due sistemi dissimulantisi, il quale ha il nord in B. Solamente si può dubitare che la seconda di queste due azioni magnetizzanti possa produrre un considerevole effetto sul primo sistema, essendo che essa tende a diminuirlo; ma si osservi che, avendo già agito su di esso primo sistema la seconda calamita e in senso da diminuirlo, non potrà esso venir ulteriormente diminuito dalla terza, che è più debole, o lo potrà soltanto in minimo grado. La prima dunque delle due azioni magnetizzanti prodotte colla terza calamita produrrà sul secondo sistema, che ha il sud verso A, una diminuzione: la seconda poi tenderà a rinvigorire questo secondo sistema; ma siccome una data azione magnetizzante fa meno effetto quando tende a rinforzare che quando tende a diminuire un sistema magnetico, così essa non potrà restituire al detto secondo sistema ciò che gli fu tolto dalla azione precedente. Dunque per lo strisciamento della verga sul polo sud della terza calamita, riuscirà diminuito il secondo sistema, che ha il nord in B, rimanendo il primo presso che inalterato. Questo perciò verrà ad aver la prevalenza, e la verga avrà acquistato magnetismo sensibile col nord in A ed il sud in B. In tal guisa egli spiegava il risultamento dell'esperienza.

Io credo di aver dato una sufficiente idea delle principali cose da lui fatte relativamente all'enunciato argomento; ma chi volesse più estese cognizioni in proposito potrà consultare direttamente le seguenti sue Memorie.

« Sopra l'azione magnetizzante delle correnti elettriche istantanee, Memoria II.ª Delle variazioni nella suscettibilità di calamitarsi che

si osservano nel ferro ed in altre sostanze per le precedenti sofferte magnetizzazioni. » (Inserita nelle sue *Memorie di fisica sperimentale scritte dopo il 1836 anno terzo pag.* 79)

« Sopra la stessa azione, Memoria III.ª Delle magnetizzazioni operate dalla stessa corrente in fili di ferro o d'acciajo di grossezze differenti, ed in più fili insieme uniti. » (Ibidem, pag. 123).

« Sopra la detta azione, Memoria V.ª Delle cagioni che indeboliscono la magnetizzazione prodotta in una data massa di ferro dalla corrente leido elettrica, e specialmente di quella che proviene dalla presenza del ferro poco o nulla magnetizzato » (Memorie suddette, anno quarto pag. 83).

« Sopra l'azione stessa Memoria VI, nella quale si procura di render ragione delle variazioni nella suscettibilità a magnetizzarsi, che si osservano nel ferro qualora, dopo di essere stato magnetizzato, venga spogliato della polarità per mezzo di correnti elettriche o di altre operazioni magnetizzanti. » (Ibidem. pag. 109).

« Problemi di magnetismo. » (Albo della R. Accademia di Scienze ecc. di Modena in occasione delle nozze del Duca Francesco V. Modena 1842. E Gazzetta Piemontese, N. 111 dell'anno 1842).

« Sull' indebolimento che avviene nel magnetismo di un ferro quando si fa scorrere su d'una calamita debole in modo da magnetizzarlo, se non lo fosse, nel medesimo senso in cui già si trova magnetizzato. » (Memorie della Società Italiana delle Scienze T. XXIII p. fisica).

« Sul magnetismo dissimulato e sopra alcuni fenomeni da esso derivanti » (Memorie della Soc. It. T. XXIII p. matematica).

Capitolo II.

Sull' uso dei magnetometri ad un ago e di quelli a sistema astatico di due aghi per la esplorazione del magnetismo di una verga dritta e magnetizzata tutta in un senso.

§. 1. Io chiamo magnetometro ad ago appoggiato, o magnetometro comune, quello che consiste in un ago magnetico ordinario equilibrato su di una punta, che sorge dal centro del fondo orizzontale di una scatola rotonda con coperchio di vetro, sul qual fondo è segnata una divisione in gradi. La scatola porta superiormente una specie di grondaja, di sostanza non magnetica, disposta orizzontalmente e col suo punto di mezzo nella verticale passante pel punto di appoggio dell' ago, e colla sua lunghezza normale al diametro 0°, 180°, il qual diametro, quando si adopera l' istrumento deve essere parallelo alla naturale direzione dell' ago. La grondaja, si può alzare ed abbassare, e talvolta, per rendere più commodo lo strumento, essa può farsi girare orizzontalmente intorno al suo punto di mezzo, nel qual caso la divisione in gradi non è segnata sul fondo fisso della scatola, ma su di una lamina circolare distesa sul fondo stesso, la qual lamina può anch' essa farsi girare intorno al suo centro.

Questo strumento è commodissimo per esplorare il magnetismo di una verga dritta magnetizzata tutta in un senso; poichè, adagiata la verga sulla grondaja, le quattro azioni dei due poli della verga sui due poli dell' ago cospirano a far deviare questo in un medesimo senso; e dal senso in cui devia l' ago, si deduce il senso in cui è magnetizzata la verga; mentre la maggiore o minor grandezza della deviazione, che si stabilisce nell' ago stesso, dà segno della maggiore o minore intensità del magnetismo della verga.

Innalzando la grondaja, si rende questo strumento meno sensibile ed adattato ad esplorare verghe dottate di magnetismo più

forte; abbassadola lo si rende più sensibile. Ma il grado di sensibilità, di cui esso è suscettibile, è alquanto limitato, perchè la distanza fra i poli della verga e le posizioni dei poli dell'ago considerato nella sua naturale giacitura, per quanto si abbassi la grondaja, si conserva sempre maggiore della ipotenusa del triangolo rettangolo avente per cateti la metà della distanza tra i poli della verga e la metà della distanza tra i poli dell'ago.

Il magnetometro che dirò *ad ago sospeso*, non differisce dal precedente se non se in ciò che l'ago magnetico, invece di essere appoggiato su di una punta, è sospeso ad un filo, sotto una campana di vetro per difenderlo dalle agitazioni dell'aria; e la grondaja è al di sotto dell'ago e del piatto circolare su cui è appoggiata la campana. In questo magnetometro sono minori le resistenze meccaniche che l'ago incontra nel muoversi, e perciò le sue indicazioni sono più esatte di quelle del precedente; ma il grado di sensibilità cui lo si può ridurre coll'avvincinare la grondaja all'ago, è limitato come nel precedente.

§. 2. Si può dare come è noto, maggior sensibilità a questi strumenti sottoponendo l'ago all'azione di una calimita convenientemente disposta. A me riesce commodo disporre questa calamita col suo asse magnetico nel prolungamento dell'asse magnetico dell'ago, coi poli rivolti all'opposto, e situata ad opportuna distanza dall'ago. Così facendo si sottopone l'ago ad una nuova azione, la quale si oppone all'azione terrestre e rende più sensibile lo strumento. Ed infatti, per l'azione magnetica terrestre, l'ago può ritenersi nel caso nostro sollecitato da una coppia di forze orizzontali ed eguali applicate ai suoi estremi (suppongo che l'asse magnetico dell'ago coincida col suo asse di figura), parallele al meridiano magnetico; delle quali quella che è applicata alla punta nord agisca verso nord e l'altra in senso opposto; e queste forze non cambiano intensità quando l'ago cambia direzione. Per la presenza poi della calamita, l'ago viene sottoposto ad un'azione, la quale può risolversi in una forza passante pel suo centro di sospensione, della quale non deve tenersi conto,

ed in una coppia di forze tra loro eguali, applicate agli estremi punti dall' ago ed opposte a quelle della coppia precedente. E questa nuova coppia di forze, ove non superi la precedente (ciò che potrà sempre ottenersi coll' aumentare la distanza della calamita dall' ago), diminuirà la tendenza a dirigersi dell' ago stesso; e perciò i ferri posti sulla grondaja produrranno in esso deviazioni maggiori.

È da osservarsi che, mentre le forze della coppia relativa all' azione terrestre non variano d' intensità quando l' ago cambia direzione, quelle invece della coppia relativa all' azione della calamita variano; e soltanto la intensità di queste forze, corrispondente ad una posizione qualunque dell' ago, eguaglia, quella che corrisponde alla posizione inversa e quelle che corispondono alle due posizioni simmetriche alle due prefate rispetto alla giacitura naturale dell' ago. Ma variando la direzione dell' ago, la intensità delle due forze della coppia corrispondente all' azione della calamita decresce al crescere la deviazione, finchè questa non supera i 90° (*); per cui questa intensità ha due massimi tra loro eguali

---

(*) Ciò si dimostra facilmente col sussidio del calcolo differenziale appoggiandosi alle leggi di Coulomb. Imperocchè, riguardando la calamita e l' ago come due asticelle sottilissime, e supponendo le intensità magnetiche disposte simmetricamente di qua e di là del mezzo di ciascuna asticella; indicando con $2r$ la distanza tra due particelle dell' ago egualmente distanti dal suo punto di sospensione, con a, A le distanze dal punto stesso di due particelle della calamita egualmente distanti dal mezzo di essa (riterremo $A > a$); e indicando infine con α l' angolo acuto del quale supporremo deviato l' ago; l' intensità delle due forze della coppia parziale corrispondente alle sole azioni della prima delle suddette particelle della calamita sulle due dell' ago, trovasi espressa da

$$F(r, a, \alpha) = B.a \left\{ (r^2 + a^2 + 2 r a \cos \alpha)^{-\frac{3}{2}} + (r^2 + a^2 - 2 r a \cos \alpha)^{-\frac{3}{2}} \right\},$$

dove B è un coefficiente positivo, che dipende dalle intensità magnetiche di dette particelle e dal rapporto di $2r$ alla intiera lunghezza dell' ago.

L' intensità poi delle due forze della coppia parziale corrispondente alle sole azioni della seconda delle due suddette particelle della calamita sulle due del-

corrispondenti alle due direzioni dell'ago tra loro opposte e giacenti nel meridiano magnetico, e due minimi, pure tra loro eguali, corrispondenti alle due direzioni normali al meridiano stesso.

Queste variazioni nella intensità delle forze della coppia relativa all'azione della calamita sull'ago sono proporzionatamente minori quando la calamita è più lontana dall'ago. A fine pertanto di ottener meglio lo scopo sarà bene usare una calamita forte ed avente i suoi poli molto distanti fra loro, la quale non richiederà d'esser posta troppo vicina all'ago.

Supponiamo ora che la calamita sia situata da principio a distanza tale dall'ago, che l'azione terrestre sull'ago prevalga molto a quella della calamita, e che poi si dieno a questa delle posizioni di

---

l'ago, essendo queste forze contrarie a quelle della coppia precedente, verrà rappresentata da $-F(r, A, \alpha)$. E l'intensità delle due forze della coppia corrispondente alle quattro azioni delle due particelle della calamita sulle due dell'ago sarà rappresentata da

$$F(r, a, \alpha) - F(r, A, \alpha).$$

Si formi ora la derivata rispetto ad α di $F(r, a, \alpha)$,

$$F'_{\alpha}(r, a, \alpha) = 3 B r \operatorname{sen} \alpha . a^2 \left\{ (r^2 + a^2 + 2 r a \cos \alpha)^{-\frac{5}{2}} - (r^2 + a^2 - 2 r a \cos \alpha)^{-\frac{5}{2}} \right\},$$

la quale, per α acuto, è visibilmente negativa; e lo sarà del pari la $F'_{\alpha}(r, A, \alpha)$. Ma questa è numericamente minore di quella, come tra poco dimostrerò; onde $\left\{ F(r, a, \alpha) - F(r, A, \alpha) \right\}'_{\alpha}$ è negativa, e perciò l'intensità delle forze dell'ultima coppia suddetta diminuisce al crescere di α da $\alpha = 0$ sino ad $\alpha = \frac{\pi}{2}$. Dunque anche l'intensità delle forze della coppia di cui nel testo, di quella cioè risultante da tutte le azioni delle singole particelle della calamita sulle singole particelle dell'ago, andrà scemando al crescere di α dallo zero sino a $\frac{\pi}{2}$.

Resta ancora a dimostrarsi:

$$-F'_{\alpha}(r, a, \alpha) > -F'_{\alpha}(r, A, \alpha).$$

mano in mano più vicine all'ago. Le forze della coppia relativa all'azione della calamita sull'ago andranno crescendo d'intensità. E, finchè esse, corrispondentemente alla direzione naturale dell'ago, saranno minori di quelle della coppia relativa all'azione terrestre, ed anche quando riesciranno ad esse eguali, ove l'ago devii dalla naturale sua direzione, riusciranno minori e prevarrà l'azione terrestre; onde la naturale posizione dell'ago sarà tuttora di equilibrio stabile. Ma se avvicineremo maggiormente la calamita all'ago, le due forze della coppia corrispondente all'azione della calamita supereranno quelle della coppia terrestre nella posizione naturale dell'ago, per cui questa posizione sarà di equilibrio instabile, e la diametralmente opposta (prescindendo dalla torsione del filo

---

Siccome la seconda di queste due quantità positive è ciò che diviene la prima quando $\mathbf{a}$ si cambia in A, basterà dimostrare che $-F'_{\alpha}(r, a, \alpha)$ decresce al crescere di $\mathbf{a}$; ritenuto, bene inteso, che $\mathbf{a}$ parta da un valore maggiore di $\mathbf{r}$ e che α sia acuto. E a tal uopo basterà mostrare che $-F''_{\alpha a}(r, a, \alpha)$, per $\mathbf{a} > \mathbf{r}$, è negativa, ossia che $F''_{\alpha a}(r, a, \alpha)$ è positiva.

Ora, quest'ultima derivata parziale si trova essere eguale alla quantà positiva $\frac{1}{2} B r a \operatorname{sen} \alpha$ moltiplicata per la seguente quantità:

$$\frac{6a^2 - 4r^2 - 2ra\cos\alpha}{r^2 + a^2 - 2ra\cos\alpha}(r^2 + a^2 - 2ra\cos\alpha)^{-\frac{1}{2}} -$$

$$-\frac{6a^2 - 4r^2 + 2ra\cos\alpha}{r^2 + a^2 + 2ra\cos\alpha}(r^2 + a^2 + 2ra\cos\alpha)^{-\frac{1}{2}},$$

la quale pure è positiva. Infatti, essendo $\mathbf{a} > \mathbf{r}$, i numeratori e i denominatori delle due frazioni sono tutti positivi, e i numeratori sono maggiori rispettivamente dei denominatori; onde le frazioni sono maggiori dell'unità: ma i termini della seconda frazione nascono dall'aggiungere la quantità positiva $4ra\cos\alpha$ ai termini della prima, dunque la prima è maggiore della seconda. I secondi fattori poi dei due termini della quantità che consideriamo, sono anch'essi positivi, ed il primo è maggiore del secondo. Dunque quella quantità è realmente positiva. Dunque ecc.

nel caso dell' ago sospeso) sarà di equilibrio stabile. Finchè però le forze della coppia corrispondente all'azione della calamita (già maggiori di quelle della terrestre per la posizione naturale dell'ago) saranno tuttavia minori di esse per l' ago deviato di 90,° quest' ago avrà altre due posizioni di equilibrio stabile, ed altre due di equilibrio instabile, e perciò lo strumento non potrà servire commodamente. E se si spingerà innanzi la calamita tanto che le forze della coppia ad essa relativa eguaglino o superino quelle della terrestre anche per l' ago deviato di 90°, sola posizione di equilibrio stabile sarà la opposta alla naturale; ma corrispondentemente a questa posizione, le forze della coppia della calamita preverranno alquanto a quelle della terra, e perciò non si avrà tanta sensibilità nell' ago. E si comprende che la massima sensibilità che potrà darsi al magnetometro con una data calamita disposta col suo asse nel prolungamento della direzione naturale dell'ago e coi poli rivolti all'opposto sarà quella che ha luogo quando la distanza della calamita dall' ago sia tale che, corrispondentemente alla naturale posizione dell' ago, la intensità delle forze della coppia dipendente dall' azione della calamita sull' ago uguagli la intensità di quelle della coppia dipendente dall' azione magnetica terrestre.

Nell' atto pratico poi conviene tenere la calamita un poco più lontana dall' ago dell' accennato limite, specialmente nel caso dell' ago appoggiato su di una punta.

§. 3. Coll' artifizio di cui parliamo, si può facilmente ridurre un magnetometro ad una sensibilità trenta o quaranta volte maggiore della sua naturale.

Ecco alcune sperienze su di un magnetometro, il cui ago è sospeso ad un filo ed è lungo 60 millimetri. Le oscillazioni che quest' ago eseguisce per la sola azione magnetica terrestre, quando non sono troppo ampie, hanno ciascuna un durata di ¼ di minuto secondo presso a poco.

Disposto convenientemente questo strumento, ho preso una verga parallelepipeda d' acciajo temperato lunga 180^{mm}, larga 28^{mm} e

grossa 3^{mm}, ben magnetizzata, e la ho posta col suo asse presso a poco nel prolungamento dell'asse dell'ago nella sua direzione naturale, dalla banda del polo sud e col polo sud rivolto verso l'ago stesso, a mezzo metro circa di distanza dello stumento, e l'ago rimaneva in equilibrio stabile collo punta nord a zero. Poscia avvicinai a poco a poco la verga all'ago procurando di mantenere il suo asse presso a poco nel detto prolungamento, e di mantenere a 0° la posizione di equilibrio stabile dell'ago. Quando questa devia dallo zero, ve la si riconduce facilmente, finchè la calamita non è troppo vicina all'ago, col fare orizzontalmente girare un pochino intorno al suo mezzo la calamita stessa o in un senso o nell'altro. Corrispondentemente alle diverse posizioni che davo alla calamita, sodisfacenti le indicate condizioni, io esploravo le durate delle oscillazioni dell'ago, le quali andavano crescendo; e così andava crescendo la sensibilità dello strumento, la quale in siffatte circostanze può ritenersi proporzionale al quadrato della durata di una oscillazione. E facilmente ottenni la durata di un'oscillazione di circa 6 minuti secondi, che vuol dire una sensibilità circa venti volte maggiore della sensibilità naturale dello strumento. Allora la distanza del polo sud dal centro dell'ago era di 256 millimetri.

Adoperando poi invece di una sola verga due verghe simili alla precedente, messe in fila con due loro poli amici a contatto onde ottenere una calamita diritta coi suoi poli più distinti, ho potuto conseguire senza difficoltà otto secondi e mezzo di durata per una oscillazione dell'ago; al che corrisponde una sensibilità nello strumento circa quaranta volte maggiore della sua naturale. E ciò ebbe luogo per una distanza di 280 millimetri all'incirca, tra il centro dell'ago ed il polo sud del sistema delle due verghe.

Due cilindretti di ferro dotati di debole magnetismo, posti un dopo l'altro sulla grondaja dello strumento non sensibilizzato, la quale era distante 33 millimetri dall'ago, deviarono questo di due piccole frazioni di grado, e non si potè discernere quale delle

due deviazioni fosse maggiore. Esplorati poi collo strumento ridotto al primo degli indicati gradi di maggior sensibilità, il primo cilindretto produsse una deviazione di 6° 30' ed il secondo di 5° 30' circa ed esplorati in fine collo strumento ridotto all'ultimo indicato grado di sensibilità; produssero rispettivamente 13° e 15° di deviazione.

§. 4. Si può ottenere un magnetometro molto sensibile anche sospendendo ad un filo sottilissimo, sotto una campana di vetro un sistema astatico di due aghi magnetici alquanto distinti tra loro, dei quali l' inferiore riesca poco elevato al disopra del piano orizzontale, sul quale appoggia la campana. Su questo piano si segna la divisione in gradi, e l' ago inferiore serve da indice. Al disotto del detto piano deve essere sostenuta la grondaja destinata a ricevere la verga da esplorarsi.

Ho fatto costruire un magnetometro di tal fatta, nel quale i due aghi sono lunghi 43 millimetri e la distanza tra loro è di 100 millim.; la grondaja si può alzare ed abbassare, e si può farla girare orizzontalmente intorno al suo punto di mezzo; e la campana si appoggia su di un anello circolare, il cui vano è poi chiuso da una lamina circolare, che può farsi girare intorno al suo centro e sulla quale è segnata la graduazione. Agendo opportunamente sui due aghi con forti verghe magnetiche tenute fuori della campana, posso rinforzare o diminuire il magnetismo dell' uno o dell' altro ago e far variare a piacimento la sensibilità del sistema. Talvolta io lo ho ridotto a tal grado di astaticità che una sua oscillazione aveva 12" di durata: ma allora la sua direzione di equilibrio stabile è presso che normale al meridiano magnetico, e convenendo disporre la grondaja normale al piano d' equilibrio stabile del sistema, essa riesce allora pressochè nel meridiano magnetico, e i ferri, che in essa vengono collocati per esplorarne il magnetismo, riescono influenzati troppo dall' azione magnetica terrestre.

§. 5. Essendo il sistema de' due aghi ridotto ad un mediocre grado di sensibilità, così che faceva 2 oscillazioni in 7", e la sua

posizione di equilibrio stabile era sensibilmente nel meridiano magnetico, ed avendo condotta la grondaja a cinquanta millimetri di distanza dall' ago inferiore; ho potuto osservare agevolmente in un cilindretto d' acciajo lungo soltanto 9 millim. e grosso 7, 5 ed anche in fili di ferro lunghi 20 millimetri e grossi ¼ di millimetro soltanto, i tre fenomeni accennati al §. 4 del precedente capitolo, cioè: la comparsa, l' aumento e l' inversione del magnetismo sensibile prodotti da un' azione puramente smagnetizzante meccanica esercitata su di essi.

Ho poi ridotto l' istrumento a maggior grado di sensibilità, operando come ho sopra indicato; dopo di che il sistema dei due aghi eseguiva una oscillazione in 7", e nella sua posizione d'equilibrio stabile, l' ago inferiore deviava dalla direzione sua naturale di 25° circa colla punta nord verso occidente. Ed allora ho potuto osservare i medesimi fenomeni in fili di ferro ricotti grossi ¼ di millimetro e lunghi 8 millim. soltanto; e le variazioni nel magnetismo sensibile dei fili dalle azioni meccaniche prodotte, erano indicate da differenze di circa due gradi nelle deviazioni del sistema de' due aghi.

§. 6. Con questo stesso magnetometro ridotto all' ultimo indicato grado di squisitezza ho potuto osservare i fenomeni di magnetizzazione operata dalla terra su fili di ferro ricotti, lunghi soltanto 80 millimetri.

Uno di tali fili, grosso soltanto ¼ di millimetro, fu arroventato in direzione normale al meridiano magnetico; poscia, allo scopo di poterlo mettere in diverse direzioni senza assoggettarlo ad azioni meccaniche, tenendolo sempre normale al meridiano magnetico, venne disteso su di un piccolo regolo di legno preparato normale al meridiano stesso, e attaccato ad esso con un po' di cera. Tenendolo sempre in questa direzione, io per mezzo del regolo ed unitamente al regolo, lo trasportai sulla grondaja dello strumento, la quale pure era stata disposta colla sua lunghezza normale non già alla posizione d' equilibrio stabile del sistema astatico, ma al meridiano magnetico, ed era stata condotta a soli

20 millim. di distanza dall' ago inferiore. Il sistema dei due aghi non deviò menomamente. Preso via dalla grondaja, sempre per mezzo del regolo cui era attaccato, messo in direzione verticale e nel piano normale al piano della naturale posizione del sistema astatico e passante per la punta nord dell' ago inferiore e per la punta sud del superiore, e distante 58 millim. dal detto piano della naturale posizione del sistema astatico, e col suo mezzo alla stessa altezza del punto medio dell' asticella che unisce i due aghi, respinse le nominate due punte, ed il sistema, quando fu in quiete, deviava di 2° 30'. Disteso nuovamente il filo di ferro, col regolo, sulla grondaja il sistema deviava in senso da dimostrare che il filo conservava una parte del magnetismo acquistato per l' influenza terrestre; e la deviazione riusciva di 3 gradi e mezzo. Messo ancora verticale e nella posizione precedentemente indicata, ma capovolto, le punte suddette degli aghi furono pure respinte, ma la deviazione riuscì di due gradi soltanto; e disteso nuovamente sulla grondaja, mostrò che l' ultima azione magnetizzante terrestre cui fu assoggettato non potè invertire il suo magnetismo se non se temporariamente, poichè gli aghi deviavano nel senso dell'altra volta, però di solo mezzo grado. Continuando queste prove, le differenze del magnetismo sensibile prodotte dall' azione terrestre su questo filo, tanto quelle che avevano luogo quando il filo era sottoposto alla detta azione, come quelle che si osservavano nel filo ad essa sottratto, riuscivano minori e, dopo una ventina di minuti, queste ultime erano indicate da differenze di un grado e mezzo nelle deviazioni; lo che sembra indicare che la forza coercitiva del ferro ricotto vada crescendo per qualche tempo, anche dopo compiutosi il raffreddamento, al meno nel caso di un raffreddamento compiutosi in tempo piuttosto breve, come nel caso del sottile filo. Finalmente il detto filo, distaccato dal regolo, fu messo verticale e nella posizione sopra descritta e la punta nord dell'ago inferiore si allontanava da esso e la deviazione era di un grado o poco più; ed avendolo in quella posizione stretto e sfregato longitudinalmente con due dita, la deviazione crebbe e si portò a 35°.

Adoperando in simili esperienze fili più grossi e della stessa lunghezza, io otteneva deviazioni maggiori.

§. 7. Io stimo che il magnetometro a semplice ago sospeso, reso molto sensibile coll' artifizio accennato sopra, e così pure il magnetometro a sistema astatico, del quale ho testè parlato, convertiti in reelettrometri col sostituire alla semplice grondaja un tubo di vetro circondato da un' elica di filo di rame rivestito di materia isolante, possano riuscire utili ove occorra esplorare correnti elettriche dipendenti dalle scariche di coibenti armati. In simili casi infatti, mentre interessa che la corrente elettrica non sia alterata dallo strumento che serve ad esplorarla, il reelettrometro presenta appunto questo inconveniente; poichè, come fu dimostrato dal Prof. Stefano Marianini, il ferro, intorno a cui gira la detta corrente, magnetizzandosi, altera per induzione la corrente stessa, dalla cui azione viene magnetizzato. Ed è manifesto che, usando un magnetometro molto sensibile, sarà conveniente, per non avere deviazioni troppo grandi, o porre nell' elica un sottile filo di ferro, ovvero porvi bensì un ferro grosso o un fascio di fili di ferro sottili, ma far uso di un' elica di pochissimi giri. Così facendo, il magnetismo che acquisterà il ferro per l' azione della corrente leida-elettrica riuscirà piccolo, e perciò adattato alla sensibilità dello strumento e, nello stesso tempo, capace soltanto di produrre nella detta corrente un' alterazione piccola, e forse trascurabile, specialmente nel caso che abbiasi adottato l' espediente del ferro grosso in un elica di pochissimi giri.

§. 8. Il magnetometro comune, con semplici aggiunte, può servire ad esperienze, nelle quali si voglia esplorare il magnetismo sensibile che possiede una verga di sostanza magnetica nell' atto che essa è assoggettata ad un' azione magnetizzante.

A tale oggetto io prendo due eliche eguali di filo di rame rivestito di sostanza coibente, avvolte intorno a due eguali tubi di vetro, e le assicuro una sopra e l' altra sotto la scatola di un magnetometro comune, ad eguali distanze dall' ago, ed in modo che i loro assi riescano orizzontali, perpendicolari al diametro

0° 180° del circolo graduato e coi loro punti di mezzo nella verticale passante pel punto di appoggio dell' ago. Se allora si fa passare la corrente di un elettromotore voltaico per una sola delle due eliche, l' ago devia; ma se, congiunti tra loro i due capi delle eliche che sono da una banda, per esempio gli orientali, si mettono poi gli altri due capi in comunicazione coi poli di un elettromotore, le azioni dei due selenoidi sull' ago, come è manifesto, devono equilibrarsi, e l' ago infatti rimane a zero. E devono equilibrarsi, le dette azioni, anco se l' ago prenderà un' altra direzione; giacchè, considerando le otto azioni, che i quattro poli delle due calamite alle quali equivalgono i detti selenoidi, esercitano sui due poli dell' ago, si scorge ch' esse hanno una risultante nulla se l' ago è nella sua posizione naturale, e che hanno una risultante verticale passante pel centro dell' ago se esso è deviato, la quale risultante agisce d' alto in basso se l'ago è deviato in modo che il suo polo nord siasi avvicinato al nord del selenoide superiore e per conseguenza anche al sud dell' inferiore, ed agisce di basso in alto se l' ago è deviato all' opposto.

Se facciamo passare la corrente per le due eliche nel modo indicato, dopo di aver introdotto in una di esse un ferro nuovo pel magnetismo, si produce nell' ago una deviazione; e questa è dovuta unicamente al magnetismo che il ferro possiede sotto l' azione magnetizzante della corrente stessa. Se dopo si fa diminuire gradatamente l' intensità della corrente sino a farla cessare, la deviazione diminuisce pure gradatemente, ma non va a zero. E ciò mette sott' occhio che, al diminuire l' intensità dell' azione magnetizzante decresce il magnetismo del ferro, e che però ne persiste una parte anche cessata che sia l' azione magnetizzante. Ed è in seguito di tale fatto che si ammette nel magnetismo una tendenza a diminuire, e si ammette che la sostanza magnetica presenti una resistenza a questa diminuzione; resistenza, che dietro altre considerazioni si ritiene aver luogo anche per qualunque cambiamento nel magnetismo della sostanza, e che fu chiamata *resistenza* o *forza coercitiva*.

Se dopo ciò si fa passare per le due eliche una corrente contraria, debole da principio, e che vada gradatamente crescendo di intensità, la deviazione continua a decrescere, e presto riesce nulla. A questo punto siamo certi che il ferro è privo di magnetismo sensibile. Interrompendo allora la corrente, nasce di nuovo una deviazione nel senso di prima, minore però di quella ch' ebbe luogo dopo cessata la corrente diretta. Fenomeno questo, che io spiego ammettendo che l'azione magnetizzante contraria non abbia distrutto tutto il magnetismo generato dalla magnetizzazione precedente, e ne abbia però generato del contrario dissimulante la parte rimasta del primo, il quale, tendendo per se a diminuire, diminuisca poi di fatto al diminuire ed al cessare l' azione magnetizzante che lo ha generato.

§. 9. Ecco in fine un'altro modo onde eseguire sperienze dello stesso genere, il quale non richiede l'uso di correnti elettriche, ma presenta l'inconveniente di dover far variare la distanza del ferro dall'ago magnetometrico quando si voglia far variare l'azione magnetizzante su di esso ferro esercitata.

Dispongo sopra e sotto la scatola del magnetometro, in luogo delle due eliche, due calamite dritte eguali e di egual forza, l'una col polo nord rivolto verso oriente, l'altra col polo nord rivolto verso occidente, e le pongo alquanto distanti dall'ago, p. e. 200 millim., essendo l'ago lungo 97 millim., e le calamite 180 millimetri. Allora, se le calamite sono veramente di forze eguali, l'ago rimane a zero; e la risultante delle loro azioni sull'ago stesso è nulla quando l'ago è a zero o a 180°, passa per il punto d'appoggio dell'ago quando esso ha un'altra direzione qualunque, come nel caso dei due selenoidi. Se poi le forze delle due calamite sono un pochino diverse, allora, allontanando un poco la più forte dall'ago, ovvero avvicinandogli la più debole, si ottiene facilmente che l'ago rimanga a zero; ed anche in questo caso può ritenersi nulla la loro azione direttrice sull'ago, qualunque sia la direzione di questo; ed io ho infatti osservato che

in simili casi la durata delle oscillazioni dell' ago è sensibilmente la medesima come quando mancano le due calamite.

Disponendo allora un cilindretto di ferro privo di magnetismo sensibile sopra l' ago, normalmente al meridiano magnetico e col suo mezzo nella verticale che passa pel centro dell' ago, questo devia, e la deviazione dipende unicamente dal magnetismo sensibile che il cilindretto acquista per l' influenza della calamita superiore, che prevale a quella della inferiore. E se invece il cilindretto era dotato di magnetismo sensibile la deviazione dell' ago indicherà il nuovo stato di magnetismo sensibile cui esso cilindretto si riduce sotto la nuova azione magnetizzante.

Se allora si solleva il cilindretto, accostandolo così alla calamita superiore, l' azione magnetizzante cresce, e, siccome il cilindretto si allontana dall' ago, se la deviazione di questo crescerà ed anco se rimarrà costante, il magnetometro avrà dato segno certo che il megnetismo sensibile del ferro sarà cresciuto: ma se la deviazione decrescerà, non potremo dedurre che il magnetismo del ferro sia diminuito. Analogamente dicasi rispetto al caso dell' abbassamento del cilindretto.

Tutte le volte poi che, rimanendo il ferro ad una medesima altezza, o riconducendovelo dopo di avergli cambiato posto, esso produrrà una deviazione eguale o diversa dalla prima, potremo con certezza dedurre l' eguaglianza o il cambiamento nel suo stato di magnetismo sensibile. Se per esempio noi poniamo un ferro nuovo pel magnetismo ad una data altezza sopra l'ago di questo magnetometro, avendo cura di farlo giungere alla voluta posizione in modo che in tutte le precedenti sue posizioni abbia a soffrire azioni magnetizzanti minori di quella cui si troverà assoggettato nella finale sua posizione; la qual cosa si può ottenere facendolo giungere a questa posizione con moto di traslazione orizzontale e parallelo alla linea 0° 180° del circolo graduato; e, sostenendolo in questa posizione per mezzo di un fulcro indipendente da quello che sostiene il magnetometro, lo assoggettiamo ad una percossa o ad altra azione meccanic; anoi, osserviamo

che, in seguito di questa, la deviazione dell'ago cresce; e così viene messo sott'occhio che, assoggettando il ferro ad un'azione meccanica, nell'atto che è sottoposto ad un'azione magnetizzante non diminuita, si produce in esso un aumento di magnetismo sensibile, ciò che parmi doversi attribuire ad una momentanea diminuzione di forza coercitiva prodotta nel ferro stesso dall'azione meccanica.

Osservazione. Nello sperimentare in questa maniera, tutte le volte che il ferro sottoposto alla prova riuscirà dotato di magnetismo sensibile nel senso voluto dalla calamita superiore, nel magnetismo sensibile di questa avrà luogo un temporario rinforzo, ed avrà luogo invece un temporario indebolimento tutte le volte che il ferro riuscirà dotato di magnetismo sensibile nell'altro senso. Ma questo rinforzo, o questo indebolimento, non può essere che assai tenue e insufficiente a far variare sensibilmente la deviazione dell'ago, finchè il ferro che si esplora non si ponga molto vicino alla calamita superiore o a contatto di essa. E d'altra parte, se l'accennata alterazione nel magnetismo della calamita superiore portasse differenza sensibile nella direzione dell'ago, ciò non infirmerebbe quanto abbiamo detto sopra rispetto a questo modo di sperimentare. Il ferro sottoposto alla prova produrrà anco un'alterazione temporaria nel magnetismo dell'altra calamita, ma sempre tenuissima.

Capitolo III.

Della esistenza di forze coercitive diverse in un medesimo pezzo di sostanza magnetica.

§. 1. « Se si magnetizza in un senso una verga di ferro o « d'altra sostanza magnetica, nuova pel magnetismo, e poi con « magnetizzazioni contrarie opportunamente più deboli la si riduca « a non dar più segni di magnetismo; queste magnetizzazioni « contrarie lasciano sussistere nella verga un residuo considere- « vole del magnetismo generato dalle prime, e vi generano ma- « gnetismo opposto equivalente al detto residuo; per cui in « quella verga coesistono poi tra loro distinti due sistemi ma- « gnetici opposti ed equivalenti, i quali si dissimulano l'un l'altro « compiutamente. »

Dagli studi del prof. Stefano Marianini sul fenomeno delle alterazioni nella suscettibilità a magnetizzarsi prodotte nel ferro da magnetizzazioni cui venne precedentemente assoggettato, io fui condotto a ritenere vera la proposizione che ora ho riportata, e a riguardare come un fatto dimostrato il fatto da essa espresso (Cap. I, §§. 1, 2, 3 e 4). E, sforzandomi pure ad investigare qualche ipotesi, colla quale, senza ammettere la produzione e la coesistenza di que' due sistemi magnetici distinti ed opposti, io potessi spiegare quei fenomeni, ai quali egli appoggiò quella proposizione, nulla ho potuto trovare, e mi confermai nel ritenerla vera.

Ma il fatto da quella proposizione espresso mi fece nascere il sospetto che *il ferro* (così chiamo una verga di sostanza magnetica) non sia dotato di forze coercitive eguali o presso che eguali in ogni sua parte; e che in esso esista invece una gradazione di forze coercitive, presso a poco come sto per dire: che cioè vi sia in esso una porzione ove la forza coercitiva sia maggiore che

in ogni altra, una porzione ove la forza coercitiva sia minore che in ogni altra, e porzioni nelle quali questa forza abbia le gradazioni intermedie; e che sia notevole la differenza tra la maggiore e la minore di queste forze coercitive, mentre però, ove si considerino queste forze in ordine di grandezze crescenti, riesca sempre piccolissima la differenza tra due successive; e d'altra parte, ciascuna delle diverse porzioni del ferro dotate rispettivamente di questi diversi gradi di forza coercitiva sia bensì di volume piccolissimo rispetto all' intiero volume del ferro, ma si estenda a tutta o presso che tutta la lunghezza del ferro stesso. E mi nacque un tale sospetto perchè mi accorsi che, ammessa questa gradazione di forze coercitive nel ferro si potea rendere compiuta ragione di quel fatto nel seguente modo.

Le azioni magnetizzanti alle quali, ogni volta che si riproduce quel fatto, viene il ferro assoggettato in secondo luogo, contrarie alle prime e tali da lasciare il ferro privo di magnetismo sensibile, avranno certamente un' attitudine maggiore di quella che si richiede per distruggere quel magnetismo che fu generato dalle prime magnetizzazioni nelle parti di minor forza coercitiva; altrimenti non potrebbero fare scomparire, come fanno, il magnetismo sensibile nel ferro stesso. Inoltre, esse magnetizzazioni contrarie avranno un' attitudine minore di quella che si richiede per distruggere quel magnetismo che le prime magnetizzazioni hanno generato nelle parti di maggior forza coercitiva; altrimenti nelle altri parti, non solo distruggerebbero il magnetismo, ma imprimerebbero anche magnetismo contrario, e perciò produrrebbero nel ferro la inversione del magnetismo sensibile. Le seconde magnetizzazioni pertanto avranno necessariamente un' attitudine tale da distruggere il magnetismo, senza generarne dell' opposto, in parti di una certa forza coercitiva intermedia; e per conseguenza, nelle parti di forza coercitiva maggiore di questa intermedia, lascieranno persistere almeno una parte del magnetismo preesistente, ed in quelle di forza coercitiva minore della intermedia suddetta, distruggeranno necessariamente il magnetismo e ne genereranno

del contrario. Dunque queste seconde magnetizzazioni lascieranno il ferro con due sistemi magnetici; uno nel senso delle prime magnetizzazioni e risiedente nelle parti del ferro le cui forze coercitive superano un certo grado, l'altro nel senso delle seconde e risiedente nelle parti del ferro, le cui forze coercitive non giungono a quel tal grado.

§. 2. Mi convalidò poi nel sospetto, anzi mi condusse ad adottare decisamente la ipotesi della prefata gradazione di forze coercitive in ogni verga di sostanza magnetica, il riflettere che con tale ipotesi si rendeva chiara ragione non solo della produzione e coesistenza dei due sistemi magnetici nel supposto caso, ma anche di tutti i fenomeni fondamentali ricordati nel premesso sunto, come vado ad esporre succintamente.

Primieramente è manifesto che, ammessa questa ipotesi, non solo se le seconde magnetizzazioni, contrarie alle prime, avranno tale attitudine da distruggere esattamente il magnetismo sensibile nel ferro senza generarne del contrario, ma, entro certi limiti, anche se, avendo esse un'attitudine minore ovvero maggiore, o produrranno soltanto una diminuzione nel magnetismo sensibile del ferro, ovvero non solo lo distruggeranno ma ne genereranno anche del contrario, dovranno pure lasciare il ferro con due sistemi magnetici, uno nel senso delle prime magnetizzazioni e risiedente in parti di forze coercitive maggiori di un certo grado, l'altro nel senso delle seconde e risiedente in parti dotate di forze coercitive minori di quel certo grado.

Osserviamo in secondo luogo che, in ogni caso, il secondo sistema magnetico, risiedendo in parti di forze coercitive minori di quelle delle parti in cui risiede il primo, dovrà essere più facilmente di esso alterabile, tanto sotto le azioni puramente smagnetizzanti, come sotto le azioni magnetizzanti. E noi abbiamo veduto nel primo capitolo, che appunto dall'essere il secondo di questi sistemi più facilmente alterabile del primo, tanto sotto le azioni puramente smagnetizzanti come sotto le azioni magnetizzanti, discendono naturali le spiegazioni e dei singolari fenomeni che nei

ferri così preparati producono le azioni puramente smagnetizzanti, e della alterata suscettibilità a magnetizzarsi che i ferri così preparati posseggono.

Finalmente il fatto, che in generale il magnetismo sensibile posseduto da un ferro è più facilmente alterabile, tanto dalle azioni puramente smagnetizzanti quanto dalle magnetizzanti, se ha avuto origine da un'azione magnetizzante debole, e lo è più difficilmente, se ebbe origine da una forte (capitolo I. §§. 3 e 5), discende pure come conseguenza della stessa ipotesi; giacchè, ammessa questa, è chiaro che il magnetismo, ch'ebbe origine da un'azione magnetizzante debole, non potrà estendersi che a parti del ferro dotate di debole forza coercitiva; ma quello che ebbe origine da un'azione magnetizzante forte si estenderà necessariamente anche a parti del ferro dotate di maggior forza coercitiva.

§. 3. Riflettendo poi che il fatto della coesistenza de' due sistemi magnetici nel ferro che fu prima magnetizzato in un senso e poi più debolmente in senso contrario, ed i fenomeni, i quali dipendono da tale coesistenza e che ho poco sopra ricordati, hanno luogo tanto in ferri grandi, come in ferri di piccole dimensioni; ed io, come indicai al §. 5 del precedente capitolo, li osservai chiaramente in fili di ferro lunghi 8 millimetri e grossi $\frac{1}{4}$ di millimetro soltanto; fui condotto a stabilire nella mia ipotesi la seguente particolarità: che ciascuna delle diverse porzioni della verga, dotate rispettivamente dei diversi gradi di forza coercitiva, sia talmente sparsa e, per così dire, diffusa nello spazio dalla verga stessa occupato, da potersi ritenere che qualunque particella di detto spazio, la quale abbia tutte tre le dimensioni di grandezza sensibile, abbracci particelle di ciascuna delle anzidette porzioni. Per cui noi riterremo che le gradazioni di forza coercitiva esistenti nella verga, esistano anco in ciascuna sua particella di dimensioni sensibili.

Avverto ancora che, siccome le sostanze magnetiche, non escluso l'acciajo temprato, acquistano magnetismo sensibile anche sotto azioni magnetizzanti assai deboli, come per esempio sotto l'azione

magnetizzante terrestre, io sono condotto a ritenere che la minore tra le diverse forze coercitive esistenti in una medesima sostanza magnetica sia estremamente piccola e come nulla. E nel ritener questo io sono confermato dal fatto del diminuire che fa il magnetismo sensibile, acquistato da una verga sotto un' azione magnetizzante, tosto che quest' azione diminuisca, anche poco, d' intensità. Giacchè, onde il magnetismo cominci a diminuire in un punto della verga, fa duopo che l' azione magnetizzante (la quale qui possiamo supporre abbia luogo egualmente su tutti i punti della verga stessa) diminuisca di una quantità maggiore del doppio della forza coercitiva della verga in quel punto; nella stessa guisa che, onde un corpo, il quale sia stato trascinato su per un piano inclinato da una forza, cominci a retrocedere, è necessario che la forza diminuisca di una quantità maggiore del doppio della resistenza d' attrito. Se dunque, per poco che diminuisca l' azione magnetizzante, il magnetismo della verga diminuisce, mi è forza conchiudere che, per poco che quest' azione diminuisca, diminuisce di una quantità maggiore del doppio della forza coercitiva di alcuni punti della verga, e che perciò nella verga esistono porzioni di forza coercitiva piccolissima.

§. 4. Così la ipotesi in discorso può servire a far dipendere da un solo principio e i fenomeni di magnetismo per influenza e quelli di comunicazione di magnetismo stabile; e ciò senza obbligarci a suppore nel modo di agire della forza coercitiva qualche specialità tutta sua propria; ma permettendoci di ritenere che in qualunque punto di una sostanza magnetica la forza coercitiva sia una semplice resistenza di grandezza costante che si oppone ai cambiamenti di magnetismo della sostanza in quel punto; di maniera che, se un' azione tenda da sola a produrre cambiamento di magnetismo in quel punto, lo produca di fatto ove essa superi la forza coercitiva della sostanza nel punto stesso, ma non ne produca affatto ove non la superi. Mentre che supponendo nel ferro la forza coercitiva da per tutto eguale, converrebbe ammettere in questa forza coercitiva un certo modo di agire, ben sin-

golare e tutto suo proprio. Prendiamo infatti a considerare il seguente fatto notissimo:

Una verga di sostanza magnetica, che, essendo nuova pel magnetismo, acquisti magnetismo sensibile sotto una data azione magnetizzante e ne conservi anche cessata quest'azione, purchè quest'azione non ecceda un certo grado di forza, può poi, dopo di essere stata magnetizzata fortemente in senso opposto, conservare magnetismo sensibile in questo senso opposto, anche sottoposta di nuovo a quella data azione magnetizzante e nel senso di prima.

Ecco un'esperienza sul proposito, eseguita col metodo indicato al §. 9 del precedente capitolo. Le due calamite dritte, una posta sopra, l'altra sotto dell'ago magnetometrico, normali al meridiano magnetico e coi poli rivolti in sensi opposti, erano due verghe d'acciajo lunghe 236 millimetri, fortemente magnetizzate. La superiore era distante 145 millimetri dall'ago, la inferiore era un poco più lontana, perchè più forte, e l'ago rimaneva a zero. La grondaja non era concava, ma piatta; e ciò allo scopo che il ferro da esplorarsi potesse giungere al debito posto senza aver precedentemente sofferta un'azione magnetizzante maggiore di quella alla quale, giunto in quel posto, riusciva assoggettato.

Un cilindretto di ferro lungo 200 millimetri, grosso 5, nuovo pel magnetismo, fu condotto nel debito modo sulla grondaja; e quivi certamente trovavasi sottoposto ad un'azione magnetizzante, dovendo la verga superiore prevalere sulla inferiore; e l'ago infatti deviava di 36° nel debito senso, che dirò *positivo*. Ho quindi sottratto il cilindretto da quest'azione magnetizzante, rimuovendolo; e, tolte via dal magnetometro le due calamite dritte, ho poi rimesso il cilindretto nello stesso modo sulla grondaja, e la deviazione dell'ago fu di + 2° crescenti. Cessando adunque l'azione magnetizzante, diminuì molto, ma non scomparve il magnetismo sensibile nel ferro.

Ho poi assoggettato il cilindretto ad un'azione magnetizzante contraria e molto più energica, appressandolo lateralmente ad

una delle suddette verghe sino a 5 millimetri di distanza. E, rimesso nel solito modo sulla grondaja del magnetometro, dal quale le due verghe erano tuttora rimosse, produsse una deviazione di — 76°.

Finalmente, presi via il cilindretto e, rimesse ai loro posti le verghe, lo ricondussi sulla grondaja nel debito modo, e l'ago andò a fermarsi a — 40°. Ecco dunque il ferro, sottoposto alla stessa prima azione magnetizzante, conservare magnetismo sensibile contrario.

Ora, se vogliamo ritenere che in ogni punto del ferro la forza coercitiva sia la medesima, dovremo ammettere ch'essa abbia un ben singolar modo di agire, e diverso ne' diversi casi; poichè da principio essa sarebbe stata vinta da quella tale azione magnetizzante, ed avrebbe poi equiparata la stessa azione col favore della tendenza a diminuire del magnetismo sorto; la qual tendenza era notabile ed atta da sola a vincere la forza coercitiva, come fu dimostrato dalla grande diminuzione di magnetismo avvenuta al cessare l'azione magnetizzante. Ultimamente invece, la stessa forza coercitiva da sola farebbe equilibrio e alla stessa azione magnetizzante e alla tendenza a diminuire del magnetismo contrario posseduto dalla verga e dimostrato dalla deviazione di — 40°.

Ed anche se volessimo ammettere che una certa parte del magnetismo che acquista il ferro sotto l'azione magnetizzante (cioè il magnetismo detto *d'influenza*) sfugga alla forza coercitiva (ciò che per altro sarebbe come ammettere che nel ferro vi sieno anco luoghi di forza coercitiva nulla) dovremmo tuttavia ammettere egualmente che la forza coercitiva sull'altra parte (cioè sul magnetismo stabile del ferro) agisca diversamente ne' diversi casi. Essa infatti sarebbe stata vinta da principio da quella tale azione magnetizzante, che ha potuto imprimere magnetismo stabile nel ferro. Ed in fine, cioè nell'atto che il ferro conserva magnetismo contrario essendo sottoposto alla stessa azione magnetizzante, essa forza coercitiva farebbe equilibrio a quest'azione medesima unita

alla tendenza a diminuire del magnetismo stabile posseduto dal ferro.

Ma, ammesse le gradazioni di forza coercitiva nel ferro, noi troviamo naturale spiegazione di tutto ciò: poichè il magnetismo sensibile indicato dalla deviazione di + 36°, prodotto dalla prima azione magnetizzante, essendo questa debole, avrà avuto sede nelle porzioni del ferro di forze coercitive non eccedenti un certo debole grado, ed è quindi naturale che cessata quest'azione il ferro conservasse soltanto un magnetismo sensibile molto minore, come fu indicato dalla deviazione di + 2°. Invece la forte magnetizzazione contraria avrà certamente prodotto magnetismo forte anche in porzioni dotate di molto maggior forza coercitiva ed atte perciò a conservarlo o in tutto o in gran parte anche dopo cessata l'azione magnetizzante medesima; e così viene spiegato come, cessando quest'azione, il ferro abbia potuto conservare un magnetismo sensibile molto più forte di quello che conservò dopo cessata la prima, come fu indicato dalla deviazione di — 76°. Finalmente, l'ultima azione magnetizzante diretta, debole essendo come la prima, sarà ben lontana dal poter distruggere il magnetismo contrario residente nelle porzioni dotate di grande forza coercitiva, ma giungerà a distruggerlo soltanto fin dove la forza coercitiva avrà una certa piccola grandezza, generandone anco del diretto nelle porzioni di forza coercitiva minore di questa; e si concepisce come questo possa essere stato minore del contrario rimasto nelle parti di gran forza coercitiva, e quindi come, sotto quest'azione magnetizzante il ferro abbia potuto conservare magnetismo sensibile contrario.

§. 5. Prendiamo ora a considerare di nuovo il fatto della produzione de' due sistemi magnetici opposti, coesistenti nel ferro, tra loro distinti e dissimulantisi, causata da due successive serie di magnetizzazioni, praticate sul ferro stesso, le seconde contrarie alle prime e tali da lasciarlo privo di magnetismo sensibile; ed anche il fatto della comparsa di magnetismo sensibile nel senso delle prime magnetizzazioni, causata da un' azione puramente

smagnetizzante, alla quale il ferro stesso venga poscia assoggettato. E proviamo ad ammettere che la forza coercitiva sia una resistenza ai cambiamenti del magnetismo stabile, la quale abbia nei diversi punti del ferro una medesima grandezza, nè varii al variare del magnetismo; e vediamo se questo ci conduca a conseguenze verosimili.

Per ispiegare il primo fatto (non volendo ammettere che i due sistemi magnetici, opposti e realmente distinti, possano coesistere in un identico luogo del ferro, che è cosa inverosimile) noi saremo costretti ad attribuire alle deboli azioni magnetizzanti contrarie alle prime una tendenza a produrre nelle diverse parti della verga effetti per modo diversi, che in alcune non possono distruggere il magnetismo generato dalle prime magnetizzazioni, in altre, non solo lo distruggano ma ne generino ancora del contrario. Siccome poi un'azione puramente smagnetizzante di opportuna energia, praticata in seguito sul ferro, fa sorgere magnetismo sensibile nel senso delle prime magnetizzazioni, sarà pur forza l' ammettere che questa operazione produca maggior diminuzione di magnetismo nelle parti ove fu invertito, che non in quelle ove persistè magnetismo nel senso delle prime magnetizzazioni. E per ispiegare questa differenza di effetti dell'azione puramente smagnetizzante, cioè il secondo fatto, non si potrebbe che adottare una delle tre seguenti supposizioni:

O che in ogni caso, e la operazione puramente smagnetizzante, per se stessa, agisca di preferenza su certe parti del ferro, ed il sistema magnetico inverso generato dalle seconde magnetizzazioni si stabilisca sempre, o tutto, o in massima parte, in quelle stesse parti del ferro medesimo.

Ovvero che, in ogni caso, i due sistemi magnetici che si producono nel ferro sieno bensì equivalenti; ma il primo, quello cioè è che nel senso delle prime magnetizzazioni, sia di minore intensità ed esteso a maggior porzione del ferro, l' altro d'intensità maggiore ed esteso a piccola porzione del ferro. In tale supposto il secondo sistema, come più intenso, avrebbe in se stesso una

tendenza a diminuire maggiore del primo; e perciò esso, in seguito di un'azione puramente smagnetizzante, dovrebbe soffrire una diminuzione maggiore di quella che soffrirebbe il primo.

Ovvero in fine che in ogni caso, o l'una, o l'altra, od entrambe le circostanze delle due precedenti supposizioni in grado più o meno cospicuo abbiano luogo, e sieno cagione della differenza di effetti prodotti dalla operazione puramente smagnetizzante sui due sistemi magnetici.

§. 6. Vediamo se sia da adottarsi la prima di queste tre supposizioni.

Se il fenomeno della prefata differenza di effetti si producesse soltanto adoperando un dato modo per eseguire le magnetizzazioni e un dato mezzo per produrre l'azione puramente smagnetizzante, si potrebbe in vero sospettare ragionevolmente tanto che le seconde azioni magnetizzanti, prodotte in quel modo speciale invertissero il magnetismo piuttosto in certe tali parti del ferro che in certe altre (per esempio piuttosto nelle superficiali che nelle interne), quanto che quelle speciali operazioni puramente smagnetizzanti agissero poi di preferenza su quelle stesse parti nelle quali il magnetismo fu invertito. Ma il fenomeno si riproduce in circostanze talmente svariate, e rispetto al modo con cui si eseguiscono le magnetizzazioni, e rispetto alla qualità dell' azione puramente smagnetizzante della quale si fa uso, che la supposizione che ora consideriamo, mi sembra affatto inverosimile.

E primieramente esso fenomeno ha luogo, tanto se per le magnetizzazioni si adoperano calamite, come se si adoperano correnti, voltaiche o leida-elettriche; e adoperando le calamite, esso avviene tanto se si eseguiscono le magnetizzazioni per mezzo di strisciamenti immediati, come se si eseguiscono facendo scorrere il polo magnetizzatore (od i poli magnetizzatori) non a contatto immediato del ferro, ma a determinata distanza da esso. Ed il fenomeno succede pure se per produrre le prime magnetizzazioni si adoperi uno degl' indicati modi, e per produrre le seconde se ne adoperi un altro.

Io ho osservato prodursi il fenomeno in verghe di ferro dolce, eseguendo tutte le magnetizzazioni per mezzo dell'azione magnetica del globo; e tanto quando per magnetizzare il ferro, ora fortemente in un senso, ora debolmente in senso contrario, io percuoteva ora più fortemente ed ora meno fortemente il ferro stesso messo nelle giaciture opportune perchè agisce su lui, ora in un senso ed ora in senso opposto, ma sempre colla stessa intensità, l'azione terrestre; come quando per ottenere lo stesso scopo non facevo uso di percossa alcuna, ma invece altro non facevo che condurre il ferro dalla giacitura normale al meridiano magnetico, ora a formare un angolo più acuto o nullo colla direzione dell'ago dell'inclinatorio, ora a formarne uno meno acuto ed in guisa che l'azione terrestre tendesse a magnetizzarlo all'opposto; solamente in questo secondo caso ho dovuto sperimentare su di un ferro più grande e far uso di un magnetometro più sensibile.

Qui riporterò anche il seguente sperimento. Ho preso un tubo di ferro e lo magnetizzai col fare scorrere per quattro volte lungh'esso, da un capo all'altro e a tre millimetri di distanza un polo nord di una calamita, la prima volta in faccia ad una delle generatrici rettilinee della superficie esterna, e le altre tre volte in faccia alle tre generatrici che colla precedente dividono in quattro parti eguali la superficie stessa. Esplorato poscia il tubo con un magnetometro ordinario, ne deviava l'ago di 28 gradi. Introdussi nel tubo un lungo cilindretto di ferro in modo che non lo toccasse, ma sporgesse da ambe le parti fuori del tubo; ed, applicato a quella estremità del lungo cilindretto, la quale sporgeva dalla banda del polo sud del tubo, un polo sud di una calamita più debole della precedente, ritirai il cilindretto, così unito al detto polo, e lo estrassi dal tubo. Così la magnetizzazione contraria era generata da un polo che scorreva entro il tubo, mentre le magnetizzazioni dirette erano state prodotte da un polo scorrente fuori del tubo stesso. Dopo ciò esplorai il tubo col medesimo magnetometro, e vidi che il suo magnetismo sensibile non era invertito, ma

soltanto scemato al punto da produrre una deviazione di due gradi e mezzo. Percuotendo poi all'esterno e con martello di ottone il tubo mantenuto normale al meridiano magnetico, il suo magnetismo sensibile crebbe, poichè, esplorato di nuovo nello stesso modo, produsse nell'ago del magnetometro una deviazione di 12° e nello stesso senso. Dunque le percosse esterne hanno avuto più effetto, anche in questo caso, sul megnetismo generato dalle seconde magnetizzazioni, benchè queste fossero state prodotte da un polo magnetico che trascorse lungo l'interno del tubo, mentre le prime erano state prodotte da un polo magnetico che trascorse all'esterno.

Lo stesso fenomeno della differenza di effetti prodotti dall'azione puramente smagnetizzante sui due sistemi magnetici opposti coesistenti nel ferro, si manifesta poi, e quando la operazione puramente smagnetizzante che si adopera è la percossa, e quando è lo sfregamento, e quando è la torsione, e quando è il riscaldamento. Io ottenni il fenomeno anche con riscaldamento e successivo raffreddamento, effettuati entrambi con lentezza ed uniformità; ed ecco come. Magnetizzai fortemente in un senso un parallelepipedo di ferro dolce lungo 80^{mm} e con base quadrata di 3^{mm} di lato; ed avendo poscia, per mezzo di magnetizzazioni contrarie convenientemente deboli, diminuita molto l'intensità del suo magnetismo sensibile, senza invertirne la polarità; questo parallelepipedo posto sulla grondaja di un magnetometro ad ago sospeso ridotto ad una sensibilità presso a poco quintupla della sua naturale (Capitolo II, §§. 2 e 3), produceva una deviazione di 13°. Posi quindi il parallelepipedo, mantenuto sempre in direzione normale al meridiano magnetico, su apposito fulcro entro un bagno d'acqua fredda, e poi di nuovo sulla grondaja del magnetometro, indi di nuovo nel bagno e poi ancora sulla grondaja, e così di seguito per molte volte. La deviazione prodotta da questo andò crescendo sino alla terza prova, nella quale essa riuscì di 15°.30'. Nelle prove successive si riprodusse sempre quest'ultima deviazione; e ciò significava che le tenui azioni meccaniche, che venivano eser-

citate sul parallelepipedo nel prenderlo e trasportarlo dalla grondaja al bagno, e viceversa, non erano atte a produrre ulteriore alterazione ne' sistemi magnetici in esso risiedenti. Allora ho messo di nuovo e cogli stessi riguardi il parallelepipedo nel bagno d'acqua; riscaldai quest'acqua e la feci bollire, indi la lasciai raffreddare. Estratto infine il parallelepipedo e messo sulla grondaja del magnetometro, esso teneva l'ago deviato nel senso di prima e di 20°. Ebbe luogo pertanto un aumento di magnetismo sensibile; e questo aumento fu senza dubbio prodotto dall'innalzamento e successivo abbassamento di temperatura effettuati entrambi con lentezza ed uniformità.

§. 7. Io credo che, in vista di tale varietà di circostanze, nelle quali il fenomeno si manifesta, ad ognuno sembrerà inverosimile la prima supposizione. A me sembra altresì che la varietà dei modi di magnetizzazione, co' quali si può ottenere il fenomeno, renda poco verosimile anche la seconda supposizione; e che la varietà delle circostanze, tanto relative al modo di eseguire le magnetizzazioni, quanto relative alla qualità dell'azione puramente smagnetizzante, nelle quali il fenomeno si manifesta renda poco verosimile anche il terzo supposto.

Aggiungo tuttavia alcune considerazioni ed esperienze dirette ad escludere ogni ipotesi nella quale si ammetta che la forza coercitiva sia una medesima cosa in ogni punto della verga, e quindi tutte tre le supposizioni delle quali abbiamo parlato; avvertendo, che io non intendo già di negare in modo assoluto 1.° che in certi casi le magnetizzazioni contrarie tendano per se stesse, e indipendentemente dalle differenze di forza coercitiva, a produrre l'inversione del magnetismo piuttosto in certe parti del ferro che in certe altre; 2.° che in qualche caso possa darsi che il secondo sistema magnetico riesca meno esteso e più intenso del primo; 3.° che in certi casi possa l'azione puramente smagnetizzante agire più su certe parti del ferro che su certe altre; ma sibbene intendo di sostenere che da tali cause non dee ripetersi la costanza con cui l'azione puramente smagnetizzante produce

maggior diminuzione nel secondo de' due sistemi magnetici opposti coesistenti nel ferro, a fronte della spontaneità con cui se ne può render ragione facendola derivare dalle differenze di forza coercitiva nel ferro.

§. 8. Se si magnetizzà fortemente un ferro in un senso, e poi con magnetizzazioni contrarie opportunamente deboli, lo si privi di magnetismo sensibile, o lo si riduca a presentarne assai poco, nel senso di prima o nel senso opposto, se è vera la ipotesi delle diverse forze coercitive in diversi luoghi del ferro, il secondo de' due sistemi magnetici, che si saranno costituiti nel ferro, dovrà trovarsi diffuso, per così dire, tra mezzo il primo, come le parti di minor forza coercitiva, nelle quali esso risiede, sono diffuse tra mezzo a quelle di forza coercitiva maggiore nelle quali risiede il primo. Ma se invece la forza coercitiva nel ferro è da per tutto la stessa cosa allora non si vede ragione alcuna di tale diffusione di un sistema tra mezzo all'altro; e i due sistemi dovranno essere separati, cioè uno da una banda l'altro dall'altra di una superficie limite, e, se si potrà dividere in parti il ferro senza assoggettarlo a troppo forti azioni meccaniche, si potrà direttamente verificare la esistenza di questi separati sistemi e riconoscere in quali parti del ferro risieda l'uno, inquali l'altro. Ma ecco qualche sperienza sul proposito.

a) Ho preso nove eguali parallelepipedi di ferro a base quadrata di tre millimetri di lato, e lunghi 80^{mm}; e li ho riuniti assieme in modo da formare un solo parallelepipedo a base quadrata di 9^{mm} di lato. Ho magnetizzato questo fascio facendolo strisciare con una delle sue facce longitudinali dal mezzo sino ad una estremità sul polo nord di una forte calamita, e dal mezzo sino all'altra estremità sul polo sud, e ripetendo poi gli stessi strisciamenti per le altre tre facce longitudinali. Esplorato allora con un magnetometro comune, ne deviava l'ago di 80°. Lo ho poi magnetizzato all'opposto e collo stesso metodo, ma adoperando una calamita più debole, ed eseguendo gli strisciamenti, non a contatto immediato, ma con frapposti alcuni strati di carta

che stabilivano una distanza di mezzo millimetro presso a poco. Esplorato di nuovo il fascio col medesimo magnetometro, ne deviava l' ago di $- 24^{\circ}$, cioè di 24° ma in senso opposto; dunque era avvenuta la inversione del magnetismo sensibile. Decomposto quindi il fascio, ed, esplorati i singoli 9 parallelepipedi collo stesso magnetometro, le deviazioni da essi rispettivamente prodotte furono come è rappresentato nel seguente quadro.

$+ 1^{\circ}$	$+ 5^{\circ}$	$+ 3^{\circ}$
$- 11^{\circ}$	$- 1^{\circ}$	$+ 2^{\circ}$
$- 33^{\circ}$	$+ 14^{\circ}$	$- 16^{\circ}$

Il segno $+$ indica che il magnetismo è nel senso delle prime magnetizzazioni, il segno $-$ indica che il magnetismo è nel senso delle seconde. Vediamo dunque dotati di magnetismo sensibile nel secondo senso, due parallelepipedi d' angolo, uno dei superficiali non d' angolo, ed in debole grado, anco il centrale. Ma erano poi questi parallelepipedi privi di magnetismo diretto? E gli altri, che facevano mostra di magnetismo diretto, erano poi privi di magnetismo inverso?

Ricomposi il fascio, riunendo i parallelepipedi nello stesso ordine e modo, ed esploratolo al magnetometro, la deviazione fu di $- 8^{\circ}$. Ho quindi appoggiato il fascio su di una tavola, colla sua lunghezza perpendicolare al meridiano magnetico, e lo percossi con martello di ottone. Rimesso al magnetometro, la deviazione dell' ago fu $+$ tre gradi scarsi. Nacque dunque la inversione del magnetismo sensibile. Poi lo decomposi ed esplorai i singoli parallelepipedi, che produssero rispettivamente le deviazioni indicate nel seguente quadro.

$+ 4^{\circ}$	$+ 8^{\circ}$	$+ 10^{\circ}$
$- 6^{\circ}$	$+ 2^{\circ}.\ 30'$	$+ 8^{\circ}$
$- 28^{\circ}$	$+ 19^{\circ}$	$- 7^{\circ}.\ 45'$

E di qui scorgiamo che senza dubbio nel parallelepipedo centrale esisteva magnetismo diretto; e che magnetismo inverso ne esisteva anche in tutti i parallelepipedi che prima delle percosse possedevano magnetismo sensibile diretto, giacchè questo loro magnetismo sensibile diretto è cresciuto per le semplici percosse. Non abbiamo, in vero, avuto segno certo della esistenza di magnetismo diretto in tre parallelepipedi superficiali; ma di ciò non può farsi gran conto, avendo avuto cospicui segni di magnetismo diretto negli altri cinque parallelepipedi superficiali; e, avuto riguardo alle differenze che, negli effetti prodotti ne' singoli parallelepipedi dalle magnetizzazioni operate sull' intiero fascio, ponno derivare dallo ineguale combaciamento tra i parallelepipedi stessi, possiamo conchiudere dai risultati di questo sperimento, che tanto l'uno come l'altro de' due sistemi magnetici tende a stabilirsi nelle parti superficiali del ferro, e tanto l'uno come l'altro tende a stabilirsi nelle parti interne.

b) In seguito ho preso un cilindretto di ferro, composto di quattro eguali cilindretti uniti pel lungo, e tenuti insieme mediante un'asticella di ottone, della quale due brevi tratti, presso alle estremità, sono piegati ad angolo retto col tratto intermedio; contro l' uno di questi tratti appoggia una estremità del cilidretto composto dei quattro, mentre l'altra estremità di questo è premuta da una vite che ha la sua madre nell' altro tratto ripiegato dell' asticella. Il cilindretto composto è lungo 162 millimetri ed ha il diametro di 7; per cui ogni cilindretto componente è lungo millimetri 40, 5.

Magnetizzai questo cilindretto composto strisciandolo del suo mezzo sino ad una estremità sul polo nord, e dal suo mezzo sino sino all'altra estremità sul polo sud di una calamita reggente 12 chilogrammi. Poi lo magnetizzai in senso inverso, collo stesso metodo e colla stessa calamita, facendolo però strisciare, non già a contatto immediato de' poli, ma a distanza stabilita per mezzo di tasselli di legno posti dinnanzi ai poli stessi; ed ho ripetute queste magnetizzazioni contrarie alle prime, diminuendo a poco a

poco la detta distanza, finchè ottenni che il cilindretto, applicato sulla grondaja di un magnetometro comune, non ne deviava apprezzabilmente l'ago.

Dopo ciò ho separati i quattro cilindretti componenti, e li ho esplorati uno ad uno mediante un magnetometro ad ago sospeso e mediocremente sensibilizzato, ed ottenni le seguenti deviazioni:

$$+15^\circ, \quad +3^\circ, \quad -5^\circ, \quad +1^\circ.$$

Avendo poi assoggettati questi quattro cilindretti a deboli percosse (tenendoli, bene inteso, coi loro assi normali al meridiano magnetico), il loro magnetismo variò per modo che, esplorati col medesimo magnetometro, produssero rispettivamente le seguenti deviazioni:

$$+15^\circ.\ 30', \quad +4^\circ, \quad -2^\circ, \quad +3^\circ;$$

ed assoggettandoli poi a percosse gradamente crescenti, giunsero persino a produrre le deviazioni seguenti:

$$+17^\circ.\ 30', \quad +8^\circ.\ 30', \quad +3^\circ, \quad +4^\circ.\ 30':$$

ma percuotendoli poi un poco più fortemente, le deviazioni da essi prodotte furono positive, ma minori un poco di queste ultime, e ricomposto il cilindretto, produsse al magnetometro comune una deviazione di $+6^\circ.\ 30'$.

Questi risultamenti mostrano che le seconde magnetizzazioni, alle quali venne assoggettato il cilindretto composto, contrarie alle prime, lo lasciarono con due sistemi magnetici opposti, ciascuno de' quali si estendeva a tutti quattro i cilindretti componenti.

Sarebbe bene eseguire sperienze simili alle precedenti in ferri divisi in maggior numero di parti, ed anco in ferri divisi e pel lungo e pel traverso al tempo stesso. Tuttavia le sperienze esposte, anche da sole, indicano sufficientemente che i due si-

stemi magnetici di cui ragioniamo riescono sparsi, l' uno e l' altro, per tutto il ferro. E, siccome dee ritenersi che, dove è l' uno non sia anche l' altro, ne viene che l' uno dovrà ritenersi sparso o diffuso tra mezzo all' altro. Nè io veggo ipotesi che più naturalmente di quella delle gradazioni di forza coercitiva, suesposta, serva a render ragione di tale distribuzione dei due sistemi magnetici, e del maggior effetto che le azioni puramente smagnetizzanti producono nel secondo di essi.

§. 9. Io dunque la adotterò, e colle particolarità sopra stabilite. Riterrò cioè che in ogni corpo di sostanza magnetica si dieno forze coercitive diverse e talmente distribuite nelle diverse parti del corpo, da poterlo considerare costituito da un grandissimo numero di porzioni tali, che in ciascuna di esse la forza coercitiva sia da per tutto la stessa, ma diversa da quella di qualunque altra di tali porzioni; le quali sieno ciascuna di volume minimo in confronto dell' intiero volume del corpo, ma ciascuna altresì talmente diffusa tra mezzo alle altre, da potersi ritenere che qualunque particella dello spazio occupato dal corpo, la quale abbia tutte tre le dimensioni di grandezza sensibile, abbracci alcun che di ciascuna di quelle porzioni; e riterremo che, considerando queste tali porzioni del corpo in ordine di forze coercitive crescenti, piccolissima, anzi nulla, sia la forza coercitiva della prima, piccolissima sia la differenza tra le forze coercitive di due successive porzioni, ma sempre notevole la forza coercitiva dell' ultima, cioè la massima; benchè, rispetto a questa massima forza coercitiva, possano darsi da sostanza a sostanza differenze cospicue. Queste tali porzioni di un corpo magnetico, ciascuna delle quali ha una medesima forza coercitiva nelle diverse sue parti, le dirò *porzioni omomagnetiche*.

Capitolo IV.

Considerazioni sulle azioni puramente smagnetizzanti.

§. 1. La percossa, la torsione, la flessione, lo sfregamento, il riscaldamento praticati sopra verghe sottratte ad ogni azione magnetizzante, le quali sieno state magnetizzate soltanto in un senso, nè sieno poi state assoggettate ad altre azioni atte ad alterare il loro magnetismo, producono, come è noto, in queste verghe una diminuzione di magnetismo; ed è perciò che, rispetto al magnetismo, le azioni esercitate sulle verghe magnetiche per mezzo delle indicate operazioni, diconsi *azioni puramente smagnetizzanti.* Ora un'azione che produce una diminuzione nel magnetismo di un corpo, deve avere almeno una delle tre proprietà seguenti: 1.ª di diminuire la forza coercitiva nel corpo; 2.ª di tendere a distruggere il magnetismo nel corpo, qualunque sia il senso di questo magnetismo: 3.ª di tendere a magnetizzare il corpo in senso contrario. Ma le azioni puramente smagnetizzanti non posseggono certo quest' ultima proprietà. Su ciò non può cader dubbio perchè esse, senza l' intervento di un' azione magnetizzante, in nessun caso fanno sorgere magnetismo in una verga nuova pel medesimo, in nessun caso lo fanno crescere in una che sia stata magnetizzata soltanto in un senso. Dunque tali azioni saranno dotate o di una, o di entrambe le proprietà 1.ª e 2.ª enunciate.

§. 2. Le azioni puramente smagnetizzanti provenienti dalle indicate operazioni hanno la proprietà di diminuire, almeno transitoriamente, la forza coercitiva nelle sostanze magnetiche sulle quali vengono esercitate.

Se infatti un' azione puramente smagnetizzante non avesse questa proprietà, dovrebbe necessariamente aver l' altra di tendere a distruggere il magnetismo del corpo, qualunque sia il senso di questo magnetismo; e soltanto da questa sua proprietà dipenderebbe l' effetto di quella azione; per cui se una verga, in

precedenza nuova pel magnetismo, troverassi sottoposta ad una azione magnetizzante non diminuita, venendo, in tal condizione, assoggettata a quella tale azione puramente smagnetizzante, dovrebbe subire, almeno momentaneamente, una diminuzione nel suo magnetismo, ritornando poi questo al grado di prima e nulla più al cessare dell' azione smagnetizzante. Ma invece, se una verga, in precedenza nuova pel magnetismo, trovasi sottoposta ad un' azione magnetizzante la quale non abbia diminuito d' intensità, e venga percossa o sfregata o inflessa o torta o riscaldata, essa manifesta tosto un aumento di magnetismo, che si conserva anche cessata la operazione, come è noto, e come può facilmente verificarsi, tanto assoggettando ad una delle indicate operazioni una verga nuova pel magnetismo messa parallelamente all' ago dell' inclinatorio, od anche verticalmente, e con un suo estremo di fianco ad un ago magnetico, il quale darà segno dell' aumento di magnetismo; quanto sperimentando su di una verga, sottoposta ad un' azione magnetizzante artificiale in modo da poterne al tempo stesso esplorare il magnetismo, facendo uso di uno dei due metodi indicati ai §§. 8 e 9 del cap. II (*). Le azioni puramente smagnetizzanti di cui parliamo hanno dunque la proprietà di diminuire la forza coercitiva nel corpo sul quale vengono ad esercitarsi (**).

(*) Anche il magnetismo trasversale, prodotto in un tubo di ferro mediante una corrente voltaica procedente a seconda del suo asse, aumenta se durante il passaggio della corrente si percuote il tubo, come fu dimostrato dal prof. Emilio Villari. Nuovo Cimento, T. 27, pag. 337.

(**) Il Pianciani opina che *il calore se non è eccessivo, alla forza coercitiva soltanto sia contrario*. Egli osserva che dai fatti conosciuti relativamente all' azione tra il ferro riscaldato e la calamita risulta *che il calore accresce la forza del ferro e dell' acciajo non temprato sulla calamita finchè quello non giunga al punto in cui troppo diminuisce la coesione delle molecole e si rende impossibile la polarità*. E conchiude non poter dedursi *che la elevazione di temperatura sia assolutamente contraria al magnetismo*. Memorie della Società Italiana delle Scienze, T. XXII parte fisica, pag. 223 e 224.

Per rendere ragione della diminuzione di magnetismo, che in grazia delle azioni smagnetizzanti che consideriamo avviene in una verga sottratta ad ogni azione magnetizzante, e dell' aumento di magnetismo a cui esse danno luogo quando si esercitano su di una verga, in precedenza nuova pel magnetismo, e sottoposta ad un' azione magnetizzante non diminuita, basta evidentemente ammettere ch' esse producano una diminuzione transitoria della forza coercitiva. Giacchè, nel tempo che la diminuzione di forza coercitiva ha luogo, essendo diminuito l' ostacolo ai cambiamenti di magnetismo, dovrà prodursi la diminuzione di magnetismo nel primo caso in causa della tendenza a diminuire propria del magnetismo, e dovrà nell' altro prodursi l' aumento in grazia dell' azione magnetizzante; e la variazione del magnetismo dovrà poi evidentemente persistere in ambi i casi anche se in seguito cresce di nuovo la forza coercitiva.

Siccome le preindicate azioni meccaniche lasciano poi, come è noto, i corpi magnetici, sui quali vennero esercitate, dotati di forze coercitive non minori e varie volte maggiori di quelle che avevano da prima, così la diminuzione di forza coercitiva che esse producono in tali corpi dee ritenersi transitoria. Il riscaldamento poi, quando è susseguito da un raffreddamento lento, lascia d' ordinario il corpo dotato di forza coercitiva minore; ma può ritenersi che quando una tale operazione, in un dato grado, sia stata ripetuta alcune volte sul corpo, rinnovandola in seguito, non porti ulteriore diminuzione stabile nella sua forza coercitiva. Se poi il raffreddamento è rapido, sappiamo che in vari casi può derivarne un grande e stabile aumento in questa forza. Pertanto la diminuzione di forza coercitiva prodotta dal riscaldamento è a ritenersi, talora in tutto e talora in parte, transitoria.

§. 3. Quando più forti sono le operazioni meccaniche praticate su di un corpo magnetico, ovvero il riscaldamento, che suppongo seguito dal raffreddamento, maggiori in generale sono gli effetti di diminuzione nel primo e di aumento di magnetismo nel

secondo dei due supposti casi. Ammetteremo perciò che maggiori sieno in corrispondenza anche le diminuzioni di forza coercitiva.

§. 4. Nel ferro dolce e ricotto, e ritengo anche nel ferro qualunque e nell' acciajo non temprato, si può per mezzo di forti operazioni meccaniche, praticate su di lui mentre è sottratto ad ogni azione magnetizzante, distruggere tutto il magnetismo del quale era dotato. Tale affetto poi si può ottenere su qualunque corpo magnetico per mezzo del riscaldamento, e senza bisogno di spingerlo a quell' alto grado, per cui il corpo cessa di essere magnetico. È pertanto a ritenersi che le azioni smagnetizzanti di cui parliamo possano in certi casi ridurre temporariamente nulla la forza coercitiva in tutte le porzioni omomagnetiche del corpo; e si potrà ritenere che negli altri casi facciano diminuire temporariamente la forza coercitiva in tutte le porzioni del corpo nelle quali essa non è nulla. E siccome più facilmente, per mezzo di tali azioni smagnetizzanti, si riesce a ridurre da per tutto nulla la forza coercitiva ne' corpi che mostrano possederne in minor grado, così potremo ammettere, come cosa assai verosimile, che in un medesimo corpo esse azioni più facilmente giungano ad annullare la forza coercitiva nelle porzioni nelle quali questa forza è minore, e che si richiedano azioni smagnetizzanti più energiche per annullarla dove è maggiore. Riterremo poi altresì che, ove un' azione puramente smagnetizzante non basti a temporariamente annullare le forze coercitive di alcune porzioni omomagnetiche della verga, ma soltanto riduca temporariamente queste porzioni a forze coercitive minori delle loro naturali; queste minori forze coercitive riescano sempre graduate, e nello stesso senso delle naturali, e per differenze proporzionali, o presso che proporzionali a quelle delle naturali medesime.

§. 5. Resterebbe a sapersi se le azioni puramente smagnetizzanti che consideriamo, oltre la proprietà di far diminuire temporariamente la forza coercitiva, abbiano quella di tendere direttamente a far diminuire il magnetismo del corpo, qualunque sia il senso di questo magnetismo.

Poichè il ferro ed i corpi magnetici, recati ad una temperatura molto elevata, cessano di essere attratti dalla calamita, è certo che il riscaldamento portato a quel tal punto, o distrugge il magnetismo del corpo o lo occulta impedendone l' azione. Sembra che in alcuni sperimenti del prof. Stefano Marianini (*) un ferro rovente, messo a canto di un ferro calamitato, diminuisse la deviazione dell' ago magnetico da questo prodotta, più che non faceva dopo raffreddato, benchè il magnetismo non venisse alterato nel ferro calamitato, e l' altro ferro, per influenza del calamitato, prendesse più magnetismo contrario quando era freddo, che non quando era rovente. E ciò parrebbe indicare che il ferro rovente occultasse senza distruggere una parte del magnetismo dell' altro ferro.

Ad ogni modo resta campo a sospettarsi che il riscaldamento, anche moderato, non solo diminuisca la forza coercitiva, ma tenda anco direttamente a far diminuire il magnetismo; e può sospettarsi che la stessa proprietà in tenue grado sia posseduta, anco delle azioni smagnetizzanti provenienti da operazioni meccaniche, se non altro in quanto che queste operazioni producono un qualche riscaldamento nel corpo. Oltre a ciò, dietro il fatto noto che la torsione praticata in una verga dotata di magnetismo longitudinale fa sorgere in essa magnetismo trasversale, il cui senso dipende dal senso della torsione e dal senso del magnetismo longitudinale, e dietro altri fatti analoghi (**), si ritiene che le azioni meccaniche, e specialmente le torsioni e le flessioni ten-

---

(*) Memorie di fisica sperimentale scritte dopo il 1836; anno IV: Sopra l' azione magnetizzante delle correnti elettriche momentanee, Memoria V, §. 7, pag. 88 e seg.

(**) Una verga di ferro, magnetizzata prima in un senso, e poi privata della polarità mediante magnetizzazioni contrarie e percosse non troppo forti, mi presenta poi il fenomeno di acquistare la polarità in un senso sottoponendola ad uno sforzo tendente ad infletterla in un certo senso, e di acquistare la polarità in senso opposto, sottoponendola ad uno sforzo tendente ad infletterla in senso opposto.

dano anche a far cambiare la direzione del magnetismo nelle minime particelle del corpo, o la direzione delle particelle stesse.

Siccome però, tanto nel caso del ferro stato magnetizzato in un solo senso e sottratto poi ad ogni azione magnetizzante, come nel caso del ferro in precedenza nuovo pel magnetismo e sottoposto poi ad un' azione magnetizzante, l' effetto finale delle operazioni meccaniche, ed anche quello del riscaldamento susseguito dal raffreddamento, è ordinariamente quale è voluto dalla diminuzione di forza coercitiva, così noi, volendo prendere di mira i fenomeni più generali, nelle azioni puramente smagnetizzanti terrem conto soltanto della proprietà che hanno di far diminuire temporariamente la forza coercitiva del corpo sul quale si esercitano.

Nelle nostre considerazioni poi noi ammetteremo che queste azioni puramente smagnetizzanti vengano prodotte in modo da esercitarsi egualmente su tutte le parti della verga; laonde riterremo che, sotto una medesima azione smagnetizzante, la diminuzione di forza coercitiva sia la medesima in ogni parte di una stessa porzione omomagnetica della verga.

Capitolo V.

Condizioni generali in cui si trova il magnetismo ne' corpi che ne sono dotati.

§. 1. In ognuna delle porzioni omomagnetiche (cap. III.° §. 9) di un corpo magnetico noi possiamo distinguere mentalmente una moltitudine di particelle, ognuna delle quali sia suscettibile di magnetizzazione, possa cioè, in seguito di opportune azioni su di essa esercitate, ora non esser calamita, ora esser calamita più o meno forte e colla linea de' poli diretta in uno od in altro senso; e le quali particelle del resto sieno le più piccole possibili. Tali particelle, che noi ammetteremo dotate tutte di egual capacità pel magnetismo, le chiameremo *particelle magnetiche elementari*, o semplicemente *particelle elementari*. Se il corpo è dotato di magnetismo, allora, o tutte, o una notevole parte delle sue particelle elementari, saranno dotate di magnetismo.

§. 2. Se un corpo magnetico è dotato di magnetismo, una sua particella elementare qualunque soffre in generale dallo insieme di tutte quelle, fra le altre sue particelle elementari, le quali sono dotate di magnetismo, un' azione magnetizzante, la quale tenderà a far variare il suo magnetismo. È a ritenersi inoltre che per se stesso il magnetismo della particella, se è nullo, non tenda a sorgere, ed è ragionevole a sospettarsi che, se non è nullo, tenda per se stesso a diminuire. Qualunque sia la ipotesi a cui si voglia attenersi relativamente alla natura del magnetismo, tra quelle che furono adottate dai fisici, se ne deduce di conseguenza necessaria questa tendenza del magnetismo di una particella elementare a diminuire indipendentemente dalla azione magnetizzante su di essa esercitata dal magnetismo delle altre particelle; e si deduce pure che questa tendenza debba crescere al crescere del magnetismo della particella. Ammesso che questa tendenza abbia

luogo, la chiameremo *tendenza intrinseca* del magnetismo della particella. La questione « se esista o non esista questa tendenza intrinseca nelle particelle elementari dotate di magnetismo » corrisponde alla questione « se tale tendenza non sia nulla in quelle particelle, o se lo sia » onde noi discorreremo come se esistesse, non intendendo però con questo di ritenere assolutamente escluso che essa possa esser nulla. Quella tendenza poi a variare che avrà luogo nel magnetismo di ogni particella elementare in causa dell' azione magnetizzante su di essa esercitata dal magnetismo delle altre particelle, la chiamerò *tendenza estrinseca*. Finalmente la tendenza a variare, che avrà luogo nel magnetismo di una qualunque particella elementare, risultante dalla tendenza intrinseca e dalla tendenza estrinseca del magnetismo stesso, la dirò *tendenza complessiva* del magnetismo di quella particella.

§. 3. « Le tendenze complessive del magnetismo nelle singole particelle elementari di un corpo dotato in qualunque modo di magnetismo sono tali che, ove loro nulla si opponesse, l' insieme del magnetismo del corpo andrebbe soggetto ad una diminuzione progressiva sino al compiuto suo annullamento ». Per cui la tendenza complessiva non può essere simultaneamente nulla in tutte le particelle elementari di un corpo magnetico fuorchè nel caso in cui questo corpo sia affatto privo di magnetismo; ed un corpo di sostanza magnetica, la quale fosse affatto priva di forza coercitiva, non potrebbe conservare il menomo magnetismo, ove fosse sottratto ad ogni azione magnetizzante esterna.

Le sperienze ci guidano a ritener vera la enunciata proposizione, poichè, se si assoggetta un ferro, nuovo pel magnetismo, ad una azione magnetizzante, per cui esso acquisterà un certo grado di magnetismo, questo magnetismo poi, quando il ferro viene sottratto all' azione magnetizzante, diminuisce, anche nei casi più favorevoli alla sua conservazione. Due calamite temporarie eguali e di tal forma che applicando i poli dell' una ai poli dell' altra ne risulta un tubo, essendo le faccie dei poli stessi bene appianate onde si combacino con molta esattezza; quando i loro fili

sono invasi da una corrente elettrica continuata, ed in modo che debba aver luogo l' attrazione, esigono un certo sforzo pel loro distacco; e se, unite di nuovo le calamite e fatta passare pei loro fili una corrente intensa come la prima, s' interrompa questa, poi si esplori la forza che si richiede pel distacco, si trova sempre questa forza notevolmente minore di quella occorsa precedentemente. In esperienze di questo genere che io ebbi occasione di fare (*) non vidi mai richiedersi pel distacco delle due calamite temporarie, dopo cessata la corrente, una forza maggiore della metà di quella occorrente durante il passaggio della corrente.

Il fatto osservato dal Faraday che il ferro o l' acciajo magnetizzato perde compiutamente il suo magnetismo per un riscaldamento minore di quello che occorre per renderlo insuscettibile di magnetismo per influenza, ci invita pure a pensare che un corpo magnetico il quale fosse privo di forza coercitiva non potrebbe conservare magnetismo di sorta ove fosse sottratto ad ogni azione magnetizzante.

Il magnetismo che esiste in una verga di ferro, la quale fu da prima magnetizzata in un senso e poscia spolarizzata per mezzo di azioni magnetizzanti contrarie opportunamente deboli, il qual magnetismo consiste in due sistemi magnetici opposti e dissimulantisi, è a ritenersi che tenda anch' esso a diminuire, poichè quello dei due sistemi suddetti, il quale risiede in porzioni di minor forza coercitiva, diminuisce effettivamente in seguito di una leggiera percossa od altra azione puramente smagnetizzante, la quale probabilmente altro non fa che far diminuire un poco e momentaneamente la forza coercitiva.

Finalmente anche il magnetismo trasversale è a ritenersi che tenda a diminuire, poichè quel magnetismo trasversale, che persiste in un tubo di ferro dopo cessata la corrente che lo ha ge-

---

(*) Memorie della Società Italiana delle Scienze, T. 25 p. 1.ª pag. 239, 240.

nerato, diminuisce in seguito di un' azione meccanica esercitata sul tubo stesso, come fu dimostrato dal prof. Emilio Villari (*). Ritengo pure che, come nelle due calamite temporarie, delle quali poco sopra ho parlato, diminuisce il magnetismo al cessare della corrente, debba diminuire anco il magnetismo trasversale nel tubo al cessare della corrente che lo ha generato; ma io non ebbi l' opportunità di sperimentare in proposito.

§. 4. Considerando il magnetismo trasversale in un tubo di ferro il quale sia tutto egualmente grosso ed omogeneo, e ritenuto che la magnetizzazione sia stata tutto intorno uniforme, come nel caso della magnetizzazione prodotta da una corrente elettrica che scorre a seconda dell' asse del tubo; potremo riguardare il tubo stesso come costituito da una congerie di sottilissimi anelli circolari aventi l' asse comune col tubo, ciascuno de' quali sarà magnetizzato per modo che, immaginando de' piani passanti per l' asse del tubo, i quali dividano quest' anello in tanti tratti eguali, questi saranno altrettante calamite ordinarie di forze eguali, ed i poli di ciascuna di esse saranno dissimulati dai poli di nome diverso ed essi attigui delle due calamite tra le quali è compresa; ogni anello pertanto non potrà esercitare azione alcuna magnetizzante all' esterno e quindi nemmeno l' insieme di tutti o di alcuni soltanto di essi. Consideriamo una qualunque particella elementare del tubo, ed immaginiamo il solido geometrico anulare che essa genererebbe facendo un giro intorno all' asse del medesimo; e sarà a ritenersi che tutto quel tratto del tubo che non è compreso nel detto solido anulare non produca azione alcuna magnetizzante su quella particella; e quel sottilissimo tratto del tubo che è compreso nel detto solido geometrico, esclusa la particella, eserciterà su essa un' azione magnetizzante nel senso di far crescere il suo magnetismo; la quale azione però sarà minima

(*) Veggasi la sua Memoria sopra citata.

e trascurabile in confronto di quella che in generale eserciterebbe da solo un tratto di grandezza sensibile del tubo, che non fosse un anello avente l' asse comune col tubo stesso. Dunque nel caso del magnetismo trasversale, uniforme come abbiamo supposto, la tendenza estrinseca è a ritenersi nulla.

Così pure nel caso, in certo modo analogo, dei due sistemi magnetici opposti e dissimulantisi esistenti in una medesima verga la tendenza estrinseca parmi debba ritenersi nulla.

Ma anche in questi due casi, secondo ciò che abbiamo osservato nel precedente paragrafo, è a ritenersi che il magnetismo tenda a diminuire. Noi perciò riterremo che esista realmente una tendenza intrinseca a diminuire nel magnetismo di ogni particella elementare, la qual tendenza non sia nulla fuor che nel caso in cui sia nullo il magnetismo della particella.

§. 5. Ritennero per qualche tempo i fisici che il magnetismo di un' asta di ferro sottoposta ad un' azione magnetizzante cresca nella stessa proporzione in cui cresce quest' azione. Poscia fu riconosciuto che, quando il magnetismo è forte ed oltrepassa un certo limite, esso cresce meno rapidamente dell' azione magnetizzante. Wiedmann, in fine, trovò che quando il magnetismo è molto debole cresce più celeramente che non fa l' azione magnetizzante; risultamento questo, che venne confermato dalle ricerche di Julius Dub, il quale opina che tale eccezione dipenda dalla forza coercitiva esistente nel ferro. Io ammetterò pertanto che, sotto azioni magnetizzanti non molto forti, quali sono in generale quelle che occorrono negli sperimenti de' quali si tratta in questo scritto, il magnetismo di una verga di sostanza magnetica, la quale fosse priva affatto di forza coercitiva, sarebbe proporzionale alla intensità dell' azione magnetizzante.

Consideriamo una particella elementare presso il mezzo di questa verga; ed il magnetismo di questa particella sarà a ritenersi proporzionale al magnetismo della verga, e perciò all' azione magnetizzante. Ma, in questo caso della niuna forza coercitiva, la tendenza complessiva fa equilibrio all'azione magnetizzante; dunque

avremo che la tendenza complessiva del magnetismo della particella che consideriamo sarà proporzionale all' azione magnetizzante e perciò anche alla intensità del magnetismo della particella stessa. Ma la tendenza estrinseca del magnetismo della particella, cioè l' azione magnetizzante su di essa esercitata dal complesso di tutte le altre particelle della verga, sarà proporzionale al magnetismo del complesso stesso e perciò al magnetismo della verga e in conseguenza anche al magnetismo della particella che consideriamo. Dunque anche la tendenza intrinseca del magnetismo di quella particella sarà a ritenersi proporzionale al magnetismo stesso.

Per tal modo noi siamo condotti a ritenere che nelle nostre sperienze la tendenza intrinseca del magnetismo di una particella elementare sia proporzionale alla intensità di questo magnetismo. Ove si trattasse di magnetismo molto forte, sarebbe a ritenersi che questa tendenza intrinseca cresca in ragion più rapida che non il magnetismo della particella.

Capitolo VI.

Considerazioni relative al magnetismo in una verga prismatica o cilindrica.

§. 1. Ogniqualvolta parleremo di azioni magnetizzanti, alle quali debba venire assoggettata una verga prismatica o cilindrica di sostanza magnetica, intenderemo che queste sieno azioni magnetizzanti ordinarie atte a far nascere i poli alle stremità e la linea neutra nel mezzo della verga (*). Noi considereremo ciascuna di queste azioni come tendente unicamente a far divenire ogni particella elementare della verga una calamita colla linea dei poli diretta parallelamente all' asse della verga, prescindendo dalla tendenza che potrà avere a produrre magnetismo colla linea dei poli normale all' asse stesso. Ammetteremo poi che l' azione magnetizzante si eserciti con egual energia su tutte le particelle della verga, e non con energia diversa da particella a particella. Veramente ciò non avrà luogo se non che in qualche caso particolare; come sarebbe quello dell' azione magnetizzante prodotta da una corrente elettrica passante per un elica regolare circondante la verga e molto prolungata da una banda e dall' altra oltre agli estremi della verga stessa, e quello dell'azione magnetizzante terrestre. Ma gli errori ai quali potrà condurre il nostro supposto saranno riferibili alla distribuzione del magnetismo nella verga piuttosto che alla intensità e senso del complesso di questo magnetismo; e noi

---

(*) Nelle magnetizzazioni operate coi vari metodi immaginati dai fisici, e nei quali i poli magnetizzatori si fanno strisciare lungo la verga da magnetizzarsi, la verga viene successivamente assoggettata ad azioni magnetizzanti diverse, le quali, considerate una ad una, non tendono in generale a far nascere i poli alle estremità e la linea neutra nel mezzo. Ma, quando la verga ne risulti abbastanza regolarmente magnetizzata, il risultato finale di quelle operazioni potrà considerarsi eguale a quello che si sarebbe potuto ottenere per mezzo di una azione magnetizzante, di quelle di cui intenderemo parlare, e di forza conveniente.

appunto avremo di mira soltanto l' intensità del complesso del magnetismo, ed il suo senso (cioè se col polo nord verso l' una, o verso l' altra estremità) prescindendo poi dallo imperfetto parallelismo tra l' asse magnetico e l' asse di figura, e dalle altre accidentalità che può presentare la distribuzione del magnetismo.

Tanto sotto le azioni magnetizzanti che noi considereremo, come cessate che queste sieno, gli assi magnetici delle singole particelle elementari della verga dotate di magnetismo, potranno avere ed in generale avranno direzioni non parallele all' asse di figura della medesima; ma, volendo noi tener conto soltanto del magnetismo nella direzione dell' asse, potremo ritenere che, e sotto le azioni magnetizzanti e cessate che sieno queste, ogni particella elementare dotata di magnetismo sia una calamita colla linea de' poli parallela all' asse della verga.

§. 2. Poniamo che un' azione magnetizzante di determinata energia venga ad esercitarsi sulla verga, essendo questa nuova pel magnetismo. Sotto quest' azione, parecchie delle porzioni omomagnetiche della verga, od anche tutte, possederanno magnetismo nel senso in cui quell' azione tende a generarlo. Consideriamo una di tali porzioni, la quale abbia acquistato magnetismo. Supponendo per un momento che l' azione magnetizzante si esercitasse soltanto su questa e per nulla sulle altre porzioni omomagnetiche della verga, e che queste altre rimanessero affatto prive di magnetismo, il magnetismo avrebbe la medesima intensità in tutte le particelle elementari di quella porzione; giacchè, in primo luogo quest'azione magnetizzante (secondo ciò che sopra abbiamo stabilito di ammettere) agirebbe egualmente su ciascuna delle particelle elementari della porzione stessa, ed in secondo luogo ed ultimo, quella azione magnetizzante che una di quelle particelle elementari soffrirebbe pel magnetismo di tutte le altre (la quale è da noi chiamata tendenza estrinseca) sarebbe bensì diversa, in generale da una particella all'altra, ma sarebbe minima e trascurabile rispetto all' azione magnetizzante esterna, perchè minimo dee ritenersi il magnetismo, che può acquistare una mi-

nima porzione della verga, quale è una sua porzione omomagnetica, e quindi incapace di produrre un' azione magnetizzante apprezzabile. Adunque in tutte le particelle elementari della porzione che consideriamo, il magnetismo, nella supposizione fatta, avrebbe una medesima intensità. Ma invece, l' azione magnetizzante si esercita su tutte le porzioni della verga, e tutte, o una notevole parte di esse, hanno acquistato magnetismo, il complesso del quale produrrà una tendenza estrinseca apprezzabile, la quale, come ognun vede, sarà diretta a far diminuire il magnetismo in ogni particella elementare della porzione che consideriamo; ma, in generale, più nelle particelle più vicine all' asse della verga che nelle più lontane, a parità di distanza di queste particelle dalle estremità della verga; e più in quelle che sono più vicine alle estremità che in quelle che sono più lontane, a parità di distanza dall' asse. E perciò in realtà le diverse particelle elementari della porzione omomagnetica che consideriamo saranno tutte dotate di minor magnetismo di quello di cui sarebbero dotate nel supposto testè fatto, ma non tutte di magnetismo egualmente minore; onde saranno dotate di dosi di magnetismo generalmente diseguali.

Tuttavia noi per semplicità ragioneremo nel supposto che la tendenza estrinseca sia eguale per tutte le particelle elementari di una medesima porzione omomagnetica della verga, e quindi anche per tutte le particelle elementari della verga, non essendovi ragione perchè sia diversa per le particelle delle diverse porzioni omomagnetiche, ciascuna delle quali porzioni noi riteniamo diffusa tra mezzo alle altre in tutta la estensione della verga; e ammetteremo quindi che, sotto l' azione magnetizzante, in una qualunque porzione omomagnetica che abbia acquistato magnetismo, tutte le particelle elementari ne posseggano dosi tra loro eguali (diverse però da quelle delle particelle delle altre porzioni); ciò che non porterà differenze rilevanti nelle conseguenze che se ne potranno trarre relative alla intensità ed al senso del complesso del ma-

gnetismo della verga, al quale complesso solamente noi vogliamo aver riguardo.

E coerentemente a questo noi ammetteremo altresì che, anche cessata che sia l'azione magnetizzante, ed anche quando la verga sarà stata assoggettata a due o più successive azioni magnetizzanti, come pure nell'atto in cui essa si troverà sottoposta ad una qualunque di queste, la tendenza estrinseca, diversa naturalmente nei diversi casi, sia però sempre la medesima in tutte le particelle elementari della verga e di grandezza proporzionale alla grandezza del magnetismo sensibile della verga, e diretta in senso inverso di questo; e ammetteremo che le particelle elementari di una medesima porzione omomagnetica sieno in ogni caso dotate di dosi di magnetismo tra loro eguali e nel medesimo senso. E la dose di magnetismo di ciascuna particella elementare di una medesima porzione omomagnetica, sarà per noi la intensità del magnetismo di questa porzione. E in ogni particella elementare di una medesima porzione omomagnetica della verga il magnetismo avrà una eguale tendenza intrinseca, che appelleremo perciò anche *tendenza intrinseca del magnetismo della intiera porzione*, e la quale per noi sarà proporzionale alla intensità del magnetismo di ciascuna particella della porzione (§. 5 del cap. prec.), cioè alla intensità del magnetismo della porzione; come pure, in due porzioni omomagnetiche diverse, le tendenze intrinseche del magnetismo saranno proporzionali alle intensità del magnetismo in esse porzioni.

§. 3. Il magnetismo nella verga potrà essere col polo nord verso una estremità e il sud verso l'altra, ovvero col sud verso quella e il nord verso questa. Stabilito di appellare *diretto* o *in senso diretto* il magnetismo nell'un caso, *inverso* o *in senso inverso* nell'altro, una forza tendente ad alterare il magnetismo nella verga od in una sua porzione omomagnetica, la diremo *diretta* o agente *in senso diretto* se tenderà a generare magnetismo in senso diretto, la diremo *inversa* o agente *in senso inverso* se tenderà a generare magnetismo in senso inverso.

§. 4. Abbiasi una verga nuova pel magnetismo, e questa venga

assoggettata ad un'azione magnetizzante agente in quel senso che supponiamo aver stabilito di chiamare diretto, la cui intensità partendo da zero vada crescendo con continuità. Consideriamo le diverse porzioni omomagnetiche della verga in ordine di forze coercitive crescenti.

È manifesto che al sorgere dell'azione magnetizzante sorgerà tosto magnetismo diretto nella prima porzione omomagnetica, cioè in quella di forza coercitiva nulla; e al successivo crescere dell'azione stessa andrà di mano in mano sorgendo magnetismo diretto anche nelle successive porzioni di forze coercitive di mano in mano maggiori. E, una volta sorto il magnetismo diretto in una porzione, dovrà poi, continuando a crescere l'azione magnetizzante, andar crescendo di intensità; e dovrebbe immediatamente arrestarsi dal crescere e rimanere inalterato ogniqualvolta, l'azione magnetizzante si arrestasse dal crescere e si mantenesse costante (*). Perciò, in qualunque istante del tempo in cui l'azione magnetizzante aumenta, e in una qualunque porzione omomagnetica della verga, nella quale sia già sorto magnetismo, poichè esso è diretto, e disposto a crescere col crescere dell'azione magnetizzante, dovrà esservi equilibrio tra la forza che tende ad aumentare questo magnetismo, e quelle che oppongonsi a questo aumento, dovrà cioè esservi equilibrio tra l'azione magnetizzante, che è diretta e tende per ciò ad aumentare il magnetismo, la tendenza intrinseca del magnetismo della porzione, che è inversa e perciò si oppone all'aumento del magnetismo, la tendenza estrinseca, che pure è

(*) A tutto rigore, dopo che l'azione magnetizzante avrà cessato di crescere, il magnetismo dovrà crescere ancora per un momento; e se l'azione magoetizzante crescesse con somma rapidità sarebbe ragionevole sospettare che una gran parte dell'aumento del magnetismo si effettuasse dopo cessato l'aumento dell'azione magnetizzante; ma ooi riterremo di coosiderare soltanto casi nei quali l'azione magnetizzante non vari con rapidità eccessiva, ed ammetteremo che, giungendo l'azione magoetizzaote ad uoa data intensità, il magnetismo giunga nell'atto stesso a quel grado cui può esser condotto da un'azione magnetizzante di quella tale intensità.

inversa, e la forza o resistenza coercitiva, che si oppone anch'essa all'aumento del magnetismo; per cui la intensità dell'azione magnetizzante sarà eguale alla tendenza intrinseca del magnetismo in quella porzione, più la tendenza estrinseca, più la forza coercitiva della porzione stessa (*).

Pertanto, siccome la intensità dell'azione magnetizzante in un dato istante è la medesima per tutte le porzioni omomagnetiche della verga, e così pure la tendenza estrinseca, ne viene di conseguenza che, per tutte le diverse porzioni che in quell'istante si troveranno dotate di magnetismo, sarà la medesima anco la somma della tendenza intrinseca e della forza coercitiva. E per conseguenza, considerando queste porzioni in ordine di forze coercitive crescenti, in esse le tendenze intrinseche, e però anche le intensità del magnetismo, saranno decrescenti.

Se in un dato istante si troveranno nella verga porzioni omomagnetiche tuttora prive di magnetismo, necessariamente l'azione magnetizzante non sarà sufficiente a vincere la tendenza estrinseca unitamente alla forza coercitiva di una qualunque di queste porzioni, onde la somma della tendenza estrinseca e della forza coercitiva di una qualunque delle medesime non sarà minore della intensità dell'azione magnetizzante. (**)

(*) Se invece l'azione magnetizzante giungesse, non come abbiamo supposto ma sibbene crescendo con somma rapidità, alla intensità ch'essa possiede nel supposto istante, e si conservasse poscia costante, è a ritenersi che lo stato intrinseco del magnetismo che andrà a stabilirsi nella verga in questo caso non sarà molto diverso da quello che deve aver luogo nell'altro caso.

(**) Se l'azione magnetizzante giungesse con somma rapidità alla intensità che possiede nel supposto istante, allora, giunta essa appena a tale intensità, non avrebbe ancora avuto tempo per sorgere tutto il magnetismo ch'essa è atta a produrre; la tendenza estrinseca perciò sarebbe minore, e l'azione magnetizzante potrebbe intanto far sorgere magnetismo in porzioni omomagnetiche di forze coercitive maggiori e che rimangono prive di magnetismo nel caso in cui l'azione magnetizzante cresce lentamente. Per questo, nella precedente annotazione, abbiamo ammesso che lo stato intrinseco del magnetismo sia diverso quando l'azione magnetizzante sia cresciuta con somma rapidità.

Noi supporremo che le diverse porzioni omomagnetiche della verga sieno innumerevoli, come gli elementi rettilinei di una figura piana paralleli ad una retta data; e coerentemente noi riterremo che crescerebbe con continuità una quantità la quale, essendo da principio eguale alla forza coercitiva della prima porzione, cioè nulla, andasse poi successivamente acquistando i valori delle forze coercitive delle altre porzioni in ordine crescente.

Ciò posto, se in un istante del tempo durante il quale l' azione magnetizzante cresce vi saranno porzioni dotate di magnetismo e porzioni tuttora prive, poichè in ognuna delle prime la somma della tendenza estrinseca e della forza coercitiva sarà minore dell' azione magnetizzante, ed in ognuna delle seconde non sarà minore, vi sarà necessariamente una porzione, per la quale detta somma sarà eguale all' azione magnetizzante. Ed in questa porzione non sarà ancor sorto magnetismo, come non ne sarà sorto in tutte le successive ad essa, ma ne sarà già sorto nelle precedenti. Questa porzione sarà dunque come il limite tra le porzioni dotate e le non dotate di magnetismo. E poichè la forza coercitiva di questa porzione limite, più la tendenza estrinseca, uguaglia l' azione magnetizzante, e questa uguaglia la tendenza intrinseca nella prima porzione, più la tendenza estrinseca, ne viene che (essendo la tendenza estrinseca in tutte le porzioni la stessa) la porzione limite ha forza coercitiva eguale alla tendenza intrinseca nella prima porzione. Crescendo poi ulteriormente l' azione magnetizzante, crescerà il magnetismo nella prima porzione e perciò anche la sua tendenza intrinseca, e porzioni di forze coercitive di mano in mano maggiori riusciranno, una dopo l' altra, la *porzione limite*, o, se vogliam dire, la porzione nella quale il magnetismo sarà in procinto di sorgere.

§. 5. Supponiamo ora che l' azione magnetizzante diretta, dopo di esser cresciuta con continuità sino ad un certo grado, si arresti dal crescere e vada a diminuire con continuità. È manifesto che, al cominciare a decrescere di quest' azione, comincerà tosto a decrescere il magnetismo nella prima porzione omomagnetica della

verga; e che, al progressivo decrescere dell' azione magnetizzante, andrà di mano in mano cominciando a decrescere il magnetismo anche in *attigue* successive porzioni di forze coercitive di mano in mano maggiori; altrimenti si dovrebbe ammettere che il magnetismo potesse rimanere inalterato ad onta della prevalenza delle forze che tendono a diminurlo su quelle che si oppongono a tale diminuzione. Ed una volta che il magnetismo di una porzione avrà cominciato a decrescere, dovrà poi, continuando a decrescere l' azione magnetizzante, continuar a decrescere, e dovrà tosto arrestarsi dal decrescere e rimanere inalterato, ove l' azione magnetizzante si arresti dal decrescere e si mantenga costante.

In questo stato di cose, in ciascuna porzione omomagnetica, nella quale il magnetismo abbia già cominciato a diminuire, poichè esso è diretto ed in atto di decrescere se continua a decrescere l' azione magnetizzante, dovrà in ogni istante esservi equilibrio tra le forze che tendono a diminuire questo magnetismo e quelle che si oppongono alla sua diminuzione; dovrà cioè esservi equilibrio fra la tendenza intrinseca e la estrinseca, che tendono a farlo diminuire, e l' azione magnetizzante e la forza coercitiva, che si oppongono alla sua diminuzione. Per cui la tendenza intrinseca del magnetismo in quella porzione, più la tendenza estrinseca, sarà eguale all' azione magnetizzante, più la forza coercitiva della porzione stessa.

Ne viene di conseguenza che, in ognuna di tali porzioni, la ragione aritmetica della tendenza intrinseca alla forza coercitiva eguaglia la ragione aritmetica dell'azione magnetizzante alla tendenza estrinseca; e poichè queste due ultime (l' azione magnetizzante e la tendenza estrinseca) sono le medesime in tutte le porzioni della verga, ne segue che in tutte quelle, nelle quali il magnetismo cominciò a diminuire, la ragione aritmetica della tendenza intrinseca alla forza coercitiva sarà la medesima. Pertanto fra tutte quelle porzioni nelle quali il magnetismo diretto ha già cominciato a diminuire, quella in cui il magnetismo diretto rimanente avrà minor tendenza intrinseca, e perciò minor intensità,

sarà la prima (la cui forza coercitiva è nulla); le altre, aventi forze coercitive di mano in mano maggiori, avranno tendenze intrinseche ed intensità di magnetismo diretto pure di mano in mano maggiori. Perciò, se col progressivo diminuire dell'azione magnetizzante in qualche porzione potrà giungere ad annullarsi il magnetismo, ciò avverrà, prima che in ogni altra, in quella che ha forza coercitiva nulla.

Qui osserveremo che, quando l'azione magnetizzante sia diminuita sino ad annullarsi, dovrà nella porzione di forza coercitiva nulla aver luogo l'equilibrio del magnetismo soltanto in grazia della tendenza intrinseca e della estrinseca, per cui in quella porzione queste due forze saranno eguali e contrarie. Non potrà allora, nella detta porzione, la tendenza intrinseca essere inversa e nemmeno nulla, perchè in tal caso in essa porzione diretto o nullo sarebbe il magnetismo, e perciò quelle altre porzioni nelle quali il magnetismo cominciò già a diminuire sarebbero dotate di magnetismo diretto, e questo in esse, considerate in ordine di forze coercitive crescenti, avrebbe intensità ordinatamente crescenti; e di magnetismo pure diretto rimanendo dotate quelle, nelle quali il magnetismo non avesse ancor cominciato a diminuire, è manifesto che niuna porzione possederebbe magnetismo inverso; onde il magnetismo sensibile della verga sarebbe diretto e non nullo; nè nulla sarebbe perciò la tendenza estrinseca, ma sibbene inversa; mentre, per altro rispetto, come abbiamo sopra osservato, dovrebbe questa essere eguale e contraria alla tendenza intrinseca del magnetismo nella prima porzione, vale a dire dovrebbe essere diretta, ovvero nulla. Dunque necessariamente, cessata l'azione magnetizzante, la tendenza intrinseca nella prima porzione sarà diretta e perciò il magnetismo in essa sarà inverso, e la tendenza estrinseca sarà inversa; e perciò il complesso del magnetismo diretto esistente nella verga supererà il complesso del magnetismo inverso, sarà cioè diretto il magnetismo sensibile di essa. Pertanto, nel tempo della diminuzione dell'azione magnetizzante, diminuirà bensì nella verga il magneti-

smo sensibile diretto e perciò anche la tendenza estrinseca, che è inversa; ma poichè, quando l'azione magnetizzante giunge ad annullarsi, la tendenza estrinseca tuttora sussiste ed è inversa, e d'altronde in sul principio quella era maggiore di questa, vi sarà necessariamente un momento in cui l'azione magnetizzante riuscirà eguale alla tendenza estrinseca. In questo momento appunto la tendenza intrinseca del magnetismo nella prima porzione, dovendo eguagliare la differenza tra l'azione magnetizzante e la tendenza estrinseca, sarà nulla, e perciò sarà nullo anche il magnetismo nella porzione stessa; e in ciascuna delle altre porzioni nelle quali il magnetismo sarà diminuito, la tendenza intrinseca dovrà eguagliare la forza coercitiva della porzione.

È poi manifesto che da questo momento in poi, continuando a diminuire l'azione magnetizzante, sorgerà magnetismo inverso progressivamente crescente nella prima porzione, e andrà di mano in mano annullandosi il magnetismo diretto in attigue successive porzioni di forze coercitive di mano in mano maggiori per sorgere tosto in esse magnetismo inverso progressivamente crescente. Ed in qualunque istante posteriore al detto momento, in qualunque porzione omomagnetica, nella quale sia già sorto magnetismo inverso, siccome questo magnetismo è in atto di aumentare, la tendenza estrinseca, che è l'unica forza che tende a produrre questo aumento, eguaglierà la somma di quelle che ad esso si oppongono, cioè della tendenza intrinseca, dell'azione magnetizzante e della forza coercitiva; nella porzione, nella quale in quell'istante il magnetismo sarà nullo, la tendenza estrinseca sarà eguale all'azione magnetizzante più la forza coercitiva; ed in quelle porzioni nelle quali il magnetismo sarà tuttora diretto, ma avrà cominciato a diminuire, la tendenza intrinseca più la estrinseca uguaglierà l'azione magnetizzante più la forza coercitiva.

In qualunque istante poi tra il principio e la fine della diminuzione dell'azione magnetizzante, se vi saranno porzioni nelle quali il magnetismo non abbia ancora cominciato a diminuire,

in esse, considerate in ordine di forze coercitive crescenti, il magnetismo diretto sarà di intensità decrescenti dall'una all'altra porzione, e nella prima di queste, sarà in procinto di cominciare a diminuire. In questa pertanto la tendenza intrinseca più la estrinseca eguaglierà l'azione magnetizzante più la forza coercitiva, nelle altre sarà minore. E se vi saranno anche porzioni rimaste sempre prive di magnetismo, la differenza tra l'azione magnetizzante e la tendenza estrinseca sarà numericamente minore di ciascuna delle loro forze coercitive.

E allorquando l'azione magnetizzante sarà giunta ad annullarsi, in ogni porzione, nella quale il magnetismo sarà inverso, la tendenza estrinseca eguaglierà la tendenza intrinseca più la forza coercitiva; in quella porzione, nella quale il magnetismo sarà divenuto nullo all'annullarsi dell'azione magnetizzante, la tendenza estrinseca eguaglierà la forza coercitiva; in quelle nelle quali il magnetismo avrà bensì cominciato a diminuire, ma sarà tuttora diretto, ed anche in quella, se la vi sarà, nella quale il magnetismo sarà giunto in procinto di cominciare a diminuire, la tendenza intrinseca più la estrinseca eguaglierà la forza coercitiva; e nelle altre, se ve ne saranno, dotate di magnetismo diretto la tendenza intrinseca più la estrinseca sarà minore della forza coercitiva; e in fine, se vi saranno anche porzioni sempre rimaste prive di magnetismo, la tendenza estrinseca sarà minore di ciascuna delle forze coercitive di queste porzioni.

§. 6. Supponiamo ora che l'azione magnetizzante diretta, dopo di essere decresciuta con continuità sino ad un certo punto, si arresti dal decrescere e vada di nuovo a crescere con continuità. Si arresterà tosto la diminuzione del magnetismo diretto in tutte quelle porzioni omomagnetiche della verga nelle quali stava effettuandosi; e così pure si arresterà l'aumento del magnetismo inverso in quelle porzioni della medesima, nelle quali fosse già sorto magnetismo inverso progressivamente crescente; e nel magnetismo della prima porzione comincerà tosto una variazione progressiva in senso diretto (cioè un aumento se esso magne-

tismo è diretto, una diminuzione se è inverso), e andrà poi di mano in mano cominciando una simile variazione anco in *attigue* successive porzioni di forze coercitive di mano in mano maggiori. Ed in qualunque istante di questo nuovo aumento dell'azione magnetizzante, in qualunque porzione omomagnetica nella quale abbia già cominciato o sia in procinto di cominciare la detta variazione di magnetismo, se il magnetismo di essa porzione sarà diretto, l'azione magnetizzante uguaglierà in grandezza la tendenza intrinseca più la estrinseca più la forza coercitiva; se invece; sarà inverso, allora l'azione magnetizzante più la tendenza intrinseca uguaglierà la tendenza estrinseca più la forza coercitiva.

Considerando pertanto in ordine di forze coercitive crescenti le porzioni omomagnetiche nelle quali ha già cominciato od è in procinto di cominciare la detta variazione di magnetismo, avremo che, se ve ne saranno di dotate di magnetismo diretto e di dotate di magnetismo inverso, queste verranno dopo di quelle, ed una intermedia sarà priva di magnetismo; e in ogni caso le dotate di magnetismo diretto avranno tendenze intrinseche, e perciò anche intensità di magnetismo, decrescenti dall'una all'altra, e le dotate di magnetismo inverso avranno invece tendenze intrinseche ed intensità di magnetismo crescenti.

§. 7. Supponiamo adesso che l'azione magnetizzante diretta, sorta da principio e cresciuta sino ad un certo grado, abbia poi diminuito sino ad annullarsi; e che ora sorga un'azione magnetizzante inversa, la quale cresca progressivamente con continuità. In tutte le porzioni omomagnetiche della verga, nelle quali durante la diminuzione dell'azione magnetizzante diretta aveva già cominciato la variazione in senso inverso del magnetismo, ed anche in quella nella quale, all'annullarsi dell'azione magnetizzante, la detta variazione giunse in procinto di cominciare, comincerà tosto una progressiva variazione del loro magnetismo nel senso inverso medesimo, e successivamente andrà di mano in mano cominciando una simile variazione anco nelle successive porzioni

di forze coercitive di mano in mano maggiori, nelle quali tale variazione non avesse per avventura ancora cominciato. Ed in qualunque istante dell' aumento dell' azione magnetizzante inversa, in qualunque porzione, nel magnetismo della quale sia già cominciata, o sia in procinto di cominciare la detta variazione in senso inverso, se questo suo magnetismo sarà inverso, l' azione magnetizzante uguaglierà la tendenza intrinseca, più la forza coercitiva, meno o più la tendenza estrinseca, secondo che questa sarà inversa o diretta, cioè, secondo che sarà tuttora diretto o di già inverso il magnetismo sensibile della verga in quell' istante, e se invece il magnetismo nella porzione che si considera sarà diretto, allora l' azione magnetizzante, più la tendenza intrinseca uguaglierà la forza coercitiva, meno o più la tendenza estrinseca, secondo che il magnetismo sensibile della verga sarà diretto o inverso.

§. 8. Se, dopo che sarà cresciuta sino ad un certo punto, l' azione magnetizzante inversa si arresti dal crescere e vada a decrescere con continuità, cesserà tosto ogni variazione in senso inverso nel magnetismo della verga, e andrà ad effettuarsi in esso una varazione in senso diretto, la quale comincerà tosto nella porzione di forza coercitiva nulla, e nei seguenti istanti immediatamente successivi gli uni agli altri, comincerà di mano in mano anche in porzioni omomagnetiche di forze coercitive di mano in mano maggiori. Ed in qualunque istante della diminuzione dell' azione magnetizzante inversa, in qualunque porzione omomagnetica della verga, nella quale il magnetismo abbia cominciato o sia in procinto di cominciare a variare in senso diretto, tra la tendenza intrinseca, la estrinseca, la forza coercitiva e l' azione magnetizzante, passerà la relazione voluta per l' equilibrio di queste quattro forze, computando la forza coercitiva come una forza attiva agente in senso inverso.

§. 9. In generale, se una verga nuova pel magnetismo verrà assoggettata ad un' azione magnetizzante, la quale, partendo da zero in principio, vari poi con continuità ed in modo che in essa

azione si effettui prima una variazione in un senso, poi una variazione nell' altro, poi ancora una variazione nel primo senso, e così di seguito; e ritenuto che qualunque di queste successive variazioni, la quale sia nel senso opposto al senso che ha l' azione magnetizzante quando essa variazione comincia, possa continuare sino oltre l' annullamento dell' azione magnetizzante stessa, e così quest' azione nel variare con continuità possa anche cambiare di senso; noi avremo che, ogni volta che cesserà una di queste variazioni in un senso, cesserà anche ogni variazione che stava effettuandosi in quel senso nel magnetismo di alcune o di tutte le porzioni omomagnetiche della verga; e cominciando la variazione dell' azione magnetizzante in senso opposto, comincierà tosto nel magnetismo della prima porzione omomagnetica della verga una progressiva variazione in questo senso opposto; e quindi una simile variazione andrà cominciando di mano in mano anche in successive porzioni di forze coercitive di mano in mano maggiori. Ed in ogni istante del tempo in cui continuerà questa variazione dell' azione magnetizzante, in ogni porzione omomagnetica, nella quale il magnetismo abbia già cominciato a variare nel senso di questa stessa variazione e in grazia di essa, o sia in procinto di cominciare, dovrà, tra le grandezze della tendenza intrinseca, della forza coercitiva, dell' azione magnetizzante e della tendenza estrinseca, passare la relazione voluta acciò queste quattro forze si facciano equilibrio, computando la forza coercitiva come una forza attiva agente in senso opposto a quello nel quale succede od è in procinto di succedere la variazione del magnetismo, che è poi il senso nel quale succede la variazione dell' azione magnetizzante, e computando ciascuna delle altre tre forze nel senso che sarà suo proprio; dovrà cioè la somma delle intensità di quelle delle tre forze (*azione magnetizzante, tendenza intrinseca, tendenza estrinseca*), le quali tendono a far variare il magnetismo nel senso della variazione dell' azione magnetizzante, uguagliare la somma delle intensità di quelle delle tre medesime forze, le quali tendono a far variare il magnetismo nell' altro senso, più la forza coercitiva.

Perciò, considerando in ordine di forze coercitive crescenti tutte quelle porzioni nelle quali a quell' istante cominciò già, od è in procinto di cominciare la detta variazione di magnetismo, avremo che, se la variazione che sta effettuandosi nell' azione magnetizzante sarà in senso diretto, allora nelle intensità del loro magnetismo avrà luogo una gradazione in senso *inverso* (cioè le dotate di magnetismo diretto avranno intensità magnetiche dall' una all' altra decrescenti, e precederanno le dotate di magnetismo inverso, le quali avranno intensità magnetiche crescenti); e se invece la variazione che sta effettuandosi nell' azione magnetizzante sarà in senso inverso, allora nelle intensità del magnetismo di quelle porzioni avrà luogo una gradazione in senso diretto. In qualunque porzione poi, nella quale il magnetismo, in grazia della variazione che sta succedendo nell' azione magnetizzante, non abbia ancor cominciato a variare nè sia in procinto di cominciare, la differenza tra la somma delle intensità di quelle delle tre suddette forze, che tendono a far variare il magnetismo in un senso, e la somma delle intensità di quelle, che tendono a farlo variare in senso opposto, sarà numericamente minore della forza coercitiva.

§. 10. Finalmente, qualunque sieno le intensità e i sensi del magnetismo preesistente nelle diverse porzioni omomagnetiche di una verga, se essa si troverà sottoposta ad un' azione magnetizzante la quale stia variando con continuità in un senso; in ogni sua porzione omomagnetica, nella quale il magnetismo in seguito dell' attuale variazione dell' azione magnetizzante abbia già cominciato, o sia in procinto di cominciare a variare nel senso corrispondente a quello della variazione dell' azione magnetizzante stessa (e tra le quali porzioni vi sarà necessariamente la prima), tra la tendenza intrinseca, la forza coercitiva, la tendenza estrinseca e l' azione magnetizzante passerà sempre la relazione voluta perchè queste quattro forze si facciano equilibrio computando la forza coercitiva come una forza attiva agente nel senso opposto a quello nel quale sta succedendo la variazione dell' azione magnetizzante e computando le altre tre nei sensi loro proprii.

§. 11. *Osservazione.* Dagli esposti principii viene immediatamente di conseguenza che, tutte le volte che una verga di sostanza magnetica si troverà assoggettata ad un' azione magnetizzante che varia in un dato senso, nel medesimo senso dovrà variare anche il suo magnetismo sensibile. Col quale risultato teorico concordano pienamente i risultamenti delle sperienze (*).

Il progressivo rinforzo che avviene nel magnetismo di una calamità mentre ai suoi poli si va accostando l' áncora, e l' indebolimento che poi in esso magnetismo avviene quando si va discostandonela, sono immediate conseguenze di quel risultato teorico.

(*) Anche nella sostanza della calamita naturale, sottoposta ad un' azione magnetizzante variabile, varia la grandezza del magnetismo sensibile nel senso in cui varia l' azione magnetizzante. Ecco una sperienza su questo proposito.

Su di un piano orizzontale, il quale soprastava di circa 150mm all' ago di un magnetometro, ho appoggiate due calamite naturali disarmate, disposte coi loro assi magnetici in una medesima retta normale al meridiano magnetico, e con due poli amici in contatto tra loro. L' ago deviava oltre gli ottantacinque gradi. Disponendo convenientemente una calamita artificiale diritta sotto la scatola del magnetometro, ridussi l' ago a zero. In tale stato di cose, ciascuna calamita naturale esercitava un' azione magnetizzante sull' altra calamita naturale, tendente ad avvalorarne il magnetismo. Discostando allora un pochino una di queste due calamite naturali dall' altra, che lasciavo ferma, e facendo così diminuire un pochino per ciascuna di esse l'azione magnetizzante suddetta che tendeva ad avvalorarne il magnetismo, si produceva una piccola deviazione dell'ago, nel senso in cui tendeva a deviarlo la calamita artificiale sottoposta; e aumentando l' allentanamento sino a quattro millimetri circa, la deviazione aumentava sino ad otto gradi circa. L' ago tornava a zero accostando di nuovo sino al contatto l' una calamita naturale all' altra.

Per accertare che questi effetti dipendevano realmente dal diminuire del magnetismo sensibile nelle due calamite naturali quando l' una si allentanava dall' altra, e dal crescere del medesimo quando si tornava ad accostarvela, ho tolto via quella delle due calamite che nella sperienza era rimasta fissa, ed abbassai poscia convenientemente la calamita artificiale, acciò l' ago ritornasse a zero. Producendo allora nella calamita naturale rimasta quei medesimi movimenti che vi avevo prodotti quando vi era anche l' altra, vidi che l' ago rimaneva a zero. Così è messo fuor di dubbio che gli effetti precedentemente osservati non dipendevano dal cambiamento di posto dell' una delle due calamite naturali, ma unicamente dal cambiamento del loro magnetismo sensibile.

Capitolo VII.

Convenzioni per rappresentare geometricamente lo stato del magnetismo nelle diverse porzioni omomagnetiche di una verga.

§. 1. Rappresentiamo con una retta OU (fig. 1) la maggiore delle forze coercitive della verga. Denominiamo *o* la porzione della verga avente forza coercitiva nulla; denominiamo *u* la porzione che ha la maggior forza coercitiva; e, denotando con lettere majuscole A, A', ecc. de' punti della retta OU, denomineremo colle lettere minuscole corrispondenti *a, a'*, ecc. quelle porzioni omomagnetiche della verga, le cui forze coercitive saranno rappresentate dalle distanze OA, OA', ecc.

Supponiamo che la verga sia dotata di magnetismo; e le intensità ed il senso del magnetismo nelle diverse porzioni omomagnetiche *o, u, a, a'*, ecc. potranno rappresentarsi con ordinate OP, UR, AB, A'B', ecc. perpendicolari alla OU, di lunghezze proporzionali alle dette intensità e situate in un medesimo piano, da una banda o dall'altra della retta OU, secondo che il magnetismo delle corrispondenti porzioni è nell' uno o nell' altro senso. Uno dei sensi del magnetismo, come abbiam convenuto al §. 3 del capitolo precedente, lo diremo *diretto* e lo rappresenteremo con rette OP, AB situate da una banda dalla OU che diremo *banda superiore*, l'altro lo diremo *senso inverso* e lo rappresenteremo con rette A'B', UR situate dall'altra banda della OU, che diremo *banda inferiore*. E gli estremi di queste ordinate determineranno una linea PBB'R, che diremo *linea delle intensità magnetiche* delle diverse porzioni omomagnetiche della verga.

§. 2. Immagineremo nel piano passante per la OU e perpendicolare al piano POU una linea, che chiameremo λ, tutta dalla stessa banda della OU, e tale che le sue ordinate perpendicolari alla retta OU, corrispondenti ai diversi punti O, U, A, A', ecc. della OU stessa, sieno proporzionali ai numeri delle particelle ele-

mentari costituenti le rispettive porzioni omomagnetiche *o*, *u*, *a*, *d*, ecc., le quali ordinate rappresenteranno le capacità pel magnetismo delle porzioni stesse, e noi le denomineremo colle stesse lettere minuscole *o*, *u*, *a*, ecc. Immagineremo ancora la superficie cilindrica a generatrici parallele alla retta OP, ed avente per direttrice la linea λ, superficie che chiameremo σ; ed i rettangoli aventi per projezioni sul piano POU le rette OP, UR, AB, ecc. e aventi per basi queste medesime rette ed i lati opposti a queste basi nella superficie σ, rappresenteranno le quantità di magnetismo possedute dalle rispettive porzioni omomagnetiche *o*, *u*, *a*, ecc.; e ciascuno di questi rettangoli io lo denominerò colle due lettere minuscole corrispondenti alle due majuscole denotanti la sua base, e denominerò egualmente il magnetismo da esso rappresentato.

§. 3. Considerando una figura qualunque esistente nel piano POU ed il solido geometrico insistente perpendicolarmente su questa figura e terminato dalla superficie σ (voglio dire quel solido che è il luogo geometrico di tutte le perpendicolari al detto piano aventi i loro piedi in detta figura e terminate alla superficie σ); e designando quella figura con lettere majuscole, noi converremo di designare il detto solido colle lettere minuscole omonime.

§. 4. Sia rappresentato da BACD un quadrilatero compreso tra la OU, la linea PER, e due ordinate BA, DC. Il solido *bacd* rappresenterà il sistema magnetico risultante dal complesso del magnetismo posseduto da tutte quelle porzioni omomagnetiche della verga le cui forze coercitive non sono minori di OA nè maggiori di OC. E così pure, attenendoci alla figura, il solido *poe* rappresenterà tutto il magnetismo diretto esistente nella verga, ed il solido *eur* tutto l'inverso. Ed in generale la somma di tutti i solidi, insistenti perpendicolarmente sulle aree che, come la POE, saranno dalla banda superiore della OU, e terminati alla superficie σ, rappresenterà il complesso del magnetismo diretto posseduto dalla verga; la somma di tutti i solidi analoghi, insistenti sulle analoghe aree che saranno dalla banda inferiore della

O U, rappresenterà il complesso del magnetismo inverso posseduto dalla verga; la differenza tra le due dette somme rappresenterà la grandezza del magnetismo sensibile della verga; ed il senso di questo magnetismo sensibile sarà diretto od inverso secondo che sarà maggiore la prima, ovvero la seconda, delle due somme medesime.

§. 5. La tendenza intrinseca del magnetismo della porzione *a* la rappresenteremo con (ab), ed in generale la tendenza intrinseca del magnetismo in una porzione omomagnetica qualunque della verga la rappresenteremo colle due lettere denotanti questo magnetismo, chiuse tra parentesi.

§. 6. La tendenza estrinseca del magnetismo è per noi la medesima in ogni particella elementare della verga e perciò in ogni porzione omomagnetica di essa. Questa tendenza altro non è che la risultante delle azioni magnetizzanti esercitate su ciascuna particella dal complesso dei sistemi magnetici coesistenti nella verga. La intensità dell' azione magnetizzante che il sistema magnetico *bacd* eserciterà su di una particella elementare della verga, e che noi riteniamo eguale per tutte le particelle, la rappresenteremo con $[bacd]$; ed, in generale, la intensità dell' azione magnetizzante esercitata su ogni particella della verga da un sistema magnetico esistente in essa, la rappresenteremo colla notazione indicante questo sistema, racchiusa tra parentesi quadre. Il senso in cui è diretta questa azione è opposto a quello del sistema magnetico da da cui dipende.

Frattanto, nel caso rappresentato dalla fig. 1, avremo $[poe] = [poab] + [bae]$: e, se sarà $poe > eru$ (per cui la tendenza estrinseca sarà inversa), la intensità di questa tendenza estrinseca sarà $[poe] - [eru]$; e se sarà $poe < eru$, per cui la tendenza estrinseca sarà diretta, la sua intensità sarà $[eru] - [poe]$.

È manifesto che le diverse azioni magnetizzanti esercitate su di una particella della verga dai sistemi magnetici, esistenti in diversi

complessi di porzioni omomagnetiche della verga stessa, quali sono i sistemi magnetici *poab*, *bacd*, ecc. devono essere proporzionali alle quantità di magnetismo costituenti i sistemi medesimi; avremo cioè $[poab]:[bacd]:[dce]\ldots = poab:bacd:dce\ldots$. Vi sarà perciò una costante, che indico con τ, tale che riuscirà $[poab] = \tau.\ poab$, $[bacd] = \tau.\ bacd$, ecc. Questa τ poi sarà in generale diversa per le diverse verghe.

§. 7. Faremo ancora una convenzione relativamente alla rappresentazione delle intensità del magnetismo nelle diverse porzioni omomagnetiche della verga.

La tendenza intrinseca è una quantità della stessa specie della forza coercitiva. La grandezza dunque della tendenza intrinseca del magnetismo in una porzione della verga sarà uguale a quella di una certa forza coercitiva, la quale giusta le già stabilite convenzioni sarà rappresentata da una certa lunghezza; e questa medesima lunghezza rappresenterà anche la grandezza della tendenza intrinseca del magnetismo in quella tal porzione. Ora, le intensità del magnetismo nelle diverse porzioni della verga (le quali intensità abbiamo già convenuto (§. 1) di rappresentare con lunghezze) sono quantità di specie diversa dalle forze coercitive e dalle tendenze intrinseche. Quindi è che, scelta una lunghezza per rappresentare una data forza coercitiva, saranno bensì determinate le lunghezze rappresentanti tutte le forze coercitive determinate e tutte le determinate tendenze intrinseche, ma non quelle rappresentanti le intensità magnetiche. E per rappresentare una data intensità di magnetismo potremo scegliere una lunghezza arbitraria, dopo di che saranno determinate dalla legge di proporzionalità geometrica le lunghezze rappresentanti tutte le altre intensità di magnetismo.

Per rappresentare la intensità che ha il magnetismo in una porzione omomagnetica della verga in una data circostanza (cioè la dose di magnetismo di cui è dotata in quella tal circostanza una sua particella elementare qualunque) noi riterremo scelta la stessa lunghezza che rappresenta la grandezza della tendenza intrinseca del

magnetismo della porzione in quella stessa circostanza; e conseguentemente (poichè, per le intensità di magnetismo non fortissime che noi consideriamo, le tendenze intrinseche ponno ritenersi proporzionali alle intensità stesse (cap. V. §. 5)) anche in qualunque altra circostanza ed in qualunque porzione omomagnetica della verga, la lunghezza rappresentante la intensità del magnetismo sarà eguale a quella rappresentante la sua tendenza intrinseca. Per noi dunque sarà $AB = (ab)$, $CD = (cd)$, ecc.

Capitolo VIII.

Altre considerazioni teoriche sulle intrinseche condizioni del magnetismo in una verga, e specialmente sulla linea delle intensità magnetiche nelle diverse sue porzioni omomagnetiche, ed esperienze relative ad alcuni risultati della teoria.

§. 1. Abbiasi una verga di sostanza magnetica, e sia rappresentata la massima delle sue forze coercitive dalla lunghezza della retta O U (fig. 2, e fig. 3*a*), e dai termini di questa retta sieno condotte in un medesimo piano due rette ad essa perpendicolari. Appelliamo O O', U U' quelle parti di queste due rette che giaciono da quella banda della O U che diremo banda superiore, O O'', U U'' le parti rimanenti; e riteniamo tutte le convenzioni stabilite nel capitolo precedente.

Poniamo che la verga essendo nuova pel magnetismo venga assoggettata ad un' azione magnetizzante *diretta*, la cui intensità partendo da zero vada crescendo con continuità. Sappiamo dal §. 4 del cap. VI che allora il magnetismo nella prima porzione *o* parte da zero e va crescendo con continuità in senso diretto; per cui quel termine della linea delle intensità magnetiche, che si troverà nella O' O'' e che chiamerò suo primo termine, partirà da O e procederà con continuità verso O'. Ciò posto, sia P la posizione di questo primo termine in un istante qualunque dell' aumento dell' azione magnetizzante. Io dico che « conducendo da P la P V parallela alla dimezzante l' angolo O U U' ed estesa sino ad incontrare la U' U'', la linea delle intensità magnetiche sarà costituita da quel tratto della P V che rimane superiore alla O U (la quale O U è la linea delle intensità magnetiche quando la verga è nuova pel magnetismo), e da quel tratto della O U che rimane superiore alla P V. Per cui, se la P V riuscirà tutta superiore alla O U (fig. 3*a*), essa costituirà da sola la linea delle intensità magnetiche. »

Infatti, suppongasi da prima che, nell' istante che consideriamo, il magnetismo non sia ancora sorto in tutte le porzioni omomagnetiche della verga: presa O A (fig. 2) eguale alla forza coercitiva di quella nella quale il magnetismo sarà in procinto di sorgere, avremo che la linea delle intensità magnetiche sarà composta di una linea che avrà i termini nei punti P, A e della retta A U. Indichiamo con D un punto qualunque di detta linea avente i termini nei punti P, A, non escluso che possa essere il punto A; conduciamo l' ordinata D C; e, detta ϕ l' intensità dell' azione magnetizzante in quell' istante, e t la tendenza estrinseca, dal citato §. del cap. VI, avremo che, per l' equilibrio del magnetismo nelle due porzioni c, o, dovranno aver luogo le due equazioni :

$$\phi = (cd) + t + \mathrm{OC}, \qquad \phi = (op) + t;$$

dalle quali equazioni ricavasi $(cd) + \mathrm{OC} = (op)$, ossia (cap. VII, §. 7)

$$\mathrm{CD} + \mathrm{OC} = \mathrm{OP}.$$

Dunque il punto D è nella retta P V; e per conseguenza la suddetta linea, avente i termini nei punti P, A, sarà un tratto della P V. Dunque in questo caso le rette P V, O U non prolungate, s' incontrano, e la linea delle intensità magnetiche è costituita da P A, tratto della P V che rimane superiore alla O U, e da A U, tratto della O U che rimane superiore alla P V.

Suppongasi ora che nell' istante che consideriamo, il magnetismo sia già sorto in tutte le porzioni omomagnetiche della verga; in questo caso tutta la linea delle intensità magnetiche sarà superiore alla O U (fig. 3a), e col ragionamento di poc' anzi si proverà che qualunque punto di essa linea esisterà nella P V. Dunque in questo caso la P V è tutta superiore alla O U e da sola costituisce la linea delle intensità magnetiche.

§. 2. Se ad un dato istante l' azione magnetizzante cesserà dal crescere e si manterà poi costante, cesserà dal crescere e si man-

terrà costante il magnetismo in tutte le porzioni della verga, e costante si manterrà anche il suo magnetismo sensibile. Se allora per qualche circostanza decrescesse la tendenza estrinseca, il magnetismo dovrebbe tosto crescere in tutte le porzioni omomagnetiche nelle quali è già sorto; e se vi sono porzioni tuttora prive di magnetismo, ne dovrebbe sorgere almeno nella prima di queste ed in alcune altre ad essa successive. Ed infatti, una diminuzione della tendenza estrinseca deve equivalere, quanto all'effetto, ad un aumento dell'azione magnetizzante.

Una diminuzione della tendenza estrinseca si può ottenere di fatto quando la verga sia composta di due o più verghe unite in fascio. Discostando un poco tra loro le verghe componenti, diminuirà la tendenza estrinseca nelle singole particelle elementari del fascio; e dovrà in esso verificarsi un aumento di magnetismo sensibile.

Così rimane spiegato il fatto che un fascio di fili di ferro, a parità di lunghezza e di massa, prende maggior magnetismo che un ferro di un sol pezzo, sotto l'influenza di una corrente voltaica o di una calamita.

A questo proposito si ponno fare sperienze cogli apparecchi indicati a §§. 8 e 9 del capitolo II. Collocando per esempio sulla grondaja piatta del magnetometro, munito delle due calamite dritte nel modo indicato al §. 9 del suddetto capitolo, un fascio formato di due piccole verghe di ferro, unite una di fianco all'altra, l'ago devia pel magnetismo che prende il fascio sotto l'azione magnetizzante cui trovasi in tal caso sottoposto. Allora, allontanando un poco orizzontalmente una verga dall'altra, l'azione magnetizzante non varia; ma la deviazione dell'ago aumenta perchè diminuisce la tendenza estrinseca nel fascio.

§. 3. Supponiamo ancora che l'azione magnetizzante diretta, cresciuta sino ad un certo punto, si arresti e si mantenga costante. E supponiamo che allora la forza coercitiva vada a diminuire in tutte le porzioni della verga, tranne la prima, dove questa forza è nulla; e riteniamo però che l'ordine di grandezza delle forze

coercitive nelle diverse porzioni della verga non vada mai ad invertirsi. Dovrà allora, almeno sul principio crescere il magnetismo in tutte le porzioni nelle quali è sorto, tranne la prima; perchè le forze che si opponevano all' aumento del magnetismo in tali porzioni facevano appena equilibrio all' azione magnetizzante che tendeva a produrlo; laonde diminuendo la forza coercitiva, che è una di quelle, rimarrà tosto la prevalenza dalla parte dell' azione magnetizzante, ed il magnetismo dovrà crescere. Così pure, se vi sarà una porzione nella quale il magnetismo fosse stato in procinto di sorgere, dovrà in essa sorgere effettivamente. E se vi saranno anche altre porzioni nelle quali il magnetismo non fosse ancora sorto, è certo che, almeno in alcune di queste, di forze coercitive minori, e nelle quali perciò il magnetismo era più vicino a giungere in procinto di sorgere, la diminuzione di forza coercitiva giungerà a lasciare la prevalenza dalla parte dell' azione magnetizzante; e perciò in esse dovrà pur sorgere magnetismo nel senso di quell' azione, cioè diretto. Pertanto, almeno da principio, il magnetismo sensibile della verga aumenterà. Ed, ammesso per un momento che intanto la tendenza estriuseca rimanga sempre la stessa, dovrebbe manifestamente (continuando a diminuire la forza coercitiva) continuare di mano in mano a sorgere magnetismo in nuove porzioni finchè ve ne saranno di tuttora prive; ed in ogni porzione della verga, sorto il magnetismo, dovrebbe progredire ad aumentare finchè sia ridotta a zero la forza coercitiva di essa porzione; e dovrebbe perciò progredire l' aumento del magnetismo complessivo o sensibile della verga finchè in tutte le sue porzioni omomagnetiche la forza coercitiva sia annullata. Ma l' umento di magnetismo sensibile produce un aumento proporzionale nella tendenza estrinseca; e perciò, tosto che l' aumento di magnetismo sensibile comincia, nella prima porzione omomagnetica della verga la somma delle forze che tendono a far diminuire il magnetismo diretto andrà a riuscir maggiore della somma di quelle che si oppongono a tale dimuzione; poi di mano in mano ciò andrà accadendo anche in altre porzioni consecutive;

laonde, nella prima porzione immediatamente, poi di mano in mano anche in altre consecutive dovrà il magnetismo andar soggetto ad una diminuzione. Ma questa diminuzione di magnetismo nella prima e in alcune consecutive porzioni omomagnetiche della verga sarà tale che il complesso del magnetismo andrà tuttavia aumentando, giacchè essa diminuzione è cagionata appunto dall'aumento del magnetismo complessivo, nè potrebbe perciò aver luogo se il magnetismo complessivo non aumentasse.

Ammettendo poi quanto nel cap. IV abbiamo stabilito di ammettere riguardo alla proprietà delle azioni puramente smagnetizzanti di produrre una diminuzione temporaria nella forza coercitiva, ne viene che, assoggettando ad un'azione puramente smagnetizzante la verga mentre l'azione magnetizzante, arrestatasi dal crescere, si mantiene costante, dovrà bensì riuscirne aumentato il suo magnetismo sensibile; ma in alcune delle sue prime porzioni omomagnetiche, e specialmente nella prima, il magnetismo dovra riuscirne diminuito.

Non conoscendo compiutamente le leggi del decremento delle forze coercitive nelle diverse porzioni omomagnetiche della verga sotto le azioni puramente smagnetizzanti, non possiamo determinare la natura della linea delle intensità magnetiche in questo caso. Solamente osserveremo 1.° che, ove l'azione smagnetizzante fosse forte al segno da rendere temporariamente nulla la forza coercitiva in ogni porzione della verga, essa linea riuscire dovrebbe una retta parallela alla O U; 2.° che perciò, assoggettando la verga ad azioni puramente smagnetizzanti deboli da principio e poi di mano in mano più forti, la linea delle intensità magnetiche andrà accostandosi a questa retta parallela alla O U; e quell'estremo di essa linea che è nella O O' andrà abbassandosi per giungere alla fine in questa retta: l'altro estremo, che trovasi nella U U', al di sotto però di detta retta, procederà verso U' per giungere alla fine nella stessa retta. 3.° Ammesso che la forza coercitiva, sotto successive azioni puramente smagnetizzanti di mano in mano crescenti, giunga ad annullarsi prima nelle por-

zioni dove minore è la forza coercitiva e di mano in mano più tardi in quelle di forze coercitive di mano in mano maggiori (cap. IV. §. 4), la linea delle intensità magnetiche, sotto tali azioni, comincierà a divenire una retta parallela alla O U in un breve suo tratto presso la O O', e questo tratto andrà poi man mano allungandosi ed anco abbassandosi in grazia della crescente tendenza estrinseca, a misura che la verga verrà assoggettata ad azioni smagnetizzanti più forti.

§. 4. Supponiamo ora che l'azione magnetizzante diretta, dopo di essere aumentanta sino ad un dato grado, cessi dal crescere e vada a diminuire con continuità sino ad annullarsi. La spezzata P A U (fig, 2), ovvero la retta P V (fig. 3*a*, 3*b*, 4), sia la linea delle intensità magnetiche nell'atto che l'azione magnetizzante cessa dal crescere; la qual linea, in ogni caso io denominerò L.

Sappiamo già dal §. 5 del cap. VI che, al diminuire l'azione magnetizzante sino ad annullarsi, il magnetismo nella prima porzione omomagnetica *o* decresce con continuità, va ad annullarsi, poi sorge in senso inverso e cresce con continuità sino ad un certo grado. È certo pertanto che, diminuendo per tal modo l'azione magnetizzante, quell'estremo della linea delle intensità magnetiche che corrisponde alla porzione *o* e che diciamo *primo estremo*, partirà da P, procederà con continuità verso O, giungerà a questo punto, lo oltrepassarà e si arresterà in un certo punto di O O'' prolungamento di OO'.

Ciò posto sia P' la posizione di detto primo estremo in un istante qualunque della diminuzione dell'azione magnetizzante, non escluso l'ultimo. Si conduca da P' la P' V' parallela alla dimezzante l'angolo O U U'', estesa sino al suo incontro colla U' U''. Io dico che « la linea delle intensità magnetiche in quell'istante, sarà costituita da quel tratto della P' V' che rimane inferiore alla linea L, e da quel tratto della linea L, che rimane inferiore alla P' V'; per cui, se la P' V' riuscirà tutta inferiore alla L, essa P' V',

da sola, costituirà la linea delle intensità magnetiche in quell' istante. »

Io dimostrerò che « se nell' istante che consideriamo, il magnetismo non ha ancora cominciato a diminuire in tutte le porzioni omomagnetiche della verga, allora la retta P′ V′ non sarà tutta inferiore alla linea L, e la linea delle intensità magnetiche sarà costituita da quel tratto della P′ V′ che sarà inferiore alla L, e da quel tratto della L che rimarrà inferiore alla P′ V′ » e che « se invece nell' istante che consideriamo, il magnetismo avrà cominciato a diminuire in tutte le porzioni omomagnetiche della verga (ciò che non potrà verificarsi se in tutte non ne sarà sorto e oltre un certo grado d' intensità) allora la P′ V′ sarà tutta inferiore alla L, e da sola costituirà la linea delle intensità magnetiche. »

Considereremo i due casi che ponno darsi, cioè 1.° che il magnetismo, nel supposto istante, non sia ancor giunto ad invertirsi nella porzione *o*, e perciò nemmeno in verun' altra, 2.° che invece il magnetismo in quell' istante sia di già invertito nella detta porzione.

1.° Caso. Il punto P′, posizione del primo termine della linea delle intensità magnetiche nell' istante che consideriamo, non sia inferiore ad O (fig. 2, 3*a* e 3*b*).

Se in questo istante il magnetismo non ha ancora cominciato a diminuire in tutte le porzioni omomagnetiche della verga, si prenda OC_1 (fig. 2 e 3*a*) eguale alla forza coercitiva di quella porzione che dirò c_1, nella quale il magnetismo è in procinto di cominciare a diminuire e si conduca l'ordinata $C_1 D_1$ della linea L; ed il punto D_1 sarà in quella parte della linea L che appartiene alla P V; e quel tratto della L che rimane compreso tra il punto D_1 e la retta U′ U″ farà parte anco della linea delle intensità magnetiche nell' istante che consideriamo, e l' altra parte di questa linea intercettata tra le parallele O′ O″, $D_1 C_1$, avrà i suoi termini nei punti P′, D_1. Indichiamo con D′ un punto qualunque di questa linea avente i termini nei punti P′, D_1, non escluso che questo punto sia il D_1; conduciamo l' ordinata D′ C;

e chiamata ϕ l'intensità dell'azione magnetizzante nell'istante che si considera, e t la tendenza estrinseca, dal citato §. 5 del cap. VI, relativamente alle due porzioni c, o, deduconsi le due equazioni $(cd') + t = \phi + OC$, $(op') + t = \phi$, dalle quali

$$(cd') - (op') = OC, \quad \text{ossia} \quad CD' - OP' = OC.$$

Dunque il punto D' è nella retta P' V'. Dunque la suddetta linea avente i termini nei punti P', D_1, sarà un tratto della P' V'; anzi sarà quel tratto di questa retta che rimarrà compreso tra i punti P' e D_1. Dunque la P' V' in questo caso non sarà tutta inferiore alla linea L, e la linea delle intensità magnetiche nell'istante che si considera sarà costituita dalla retta P' D_1, che è quel tratto del P' V' il quale rimane inferiore alla linea L, e da quel tratto della linea L che rimane compreso tra il punto D_1 e la retta U' U'', e che è poi quel tratto di essa linea il quale rimane inferiore alla P' V'.

Se invece nell'istante che si considera, il magnetismo avrà già cominciato a diminuire in tutte le porzioni omomagnetiche della verga, allora tutta la nuova linea delle intensità magnetiche sarà inferiore alla linea L, cioè alla P V (fig. 3*b*). Ed indicando con D' un punto qualunque di quella linea, e conducendone la ordinata D' C, avremo equazioni analoghe alle precedenti, dalle quali dedurremo che il punto D' è nella P' V'. Perciò tutta la linea delle intensità magnetiche nell'istante che consideriamo, coincide colla P' V'; laonde la P' V' è inferiore tutta alla P V, e, da sola, costituisce la linea delle intensità magnetiche.

2.° Caso. Il punto P', posizione del primo termine della linea delle intensità magnetiche nell'istante che consideriamo, sia inferiore al punto O (fig. 4). Vi sarà una porzione, che chiamo g nella quale il magnetismo sarà giunto in quell'istante ad annullarsi; e presa OG eguale alla forza coercitiva di g, il punto G sarà un punto della linea delle intensità magnetiche nell'istante che si considera.

Se, giunto questo istante, il magnetismo non ha ancora cominciato a diminuire in tutte le porzioni omomagnetiche della verga, vi sarà una porzione c_1 nella quale il magnetismo sarà in procinto di cominciare a diminuire, e, presa OC_1 eguale alla forza coercitiva di questa porzione, e condotta l' ordinata $C_1 D_1$ della linea L, il punto D_1 sarà nella PV, e la linea delle intensità magnetiche sarà composta di quel tratto della linea L che sarà compreso tra le $C_1 D_1$, U'' U', il quale ha un termine nel punto D_1, e di una linea compresa tra le O'' O', $C_1 D_1$, la quale avrà i termini ne' punti P', D_1 e passerà per G. Preso un punto qualunque D' di questa linea, tra P' e G, ed un altro F', il quale si trovi tra G e D_1 ovvero anche sia lo stesso punto D_1, e condotte le ordinate D'C, F'E di questi due punti, e chiamate ϕ, t le intensità dell' azione magnetizzante e della tendenza estrinseca nell' istante considerato; dal §. 5 del cap. VI noi sappiamo che, dovendo nelle quattro porzioni omomagnetiche *o, c, g, e* aver luogo l' equilibrio tra le forze che sollecitano il magnetismo a variare nel senso inverso e quelle che si oppongono a tale variazione, dovranno anche sussistere le quattro equazioni $t=\phi+OP'$, $t=\phi+CD'+OC$, $t=\phi+OG$, $F'E+t=\phi+OE$; dalle quali deduconsi le tre $OP'=OG$, $CD'=CG$, $F'E=GE$; le quali mostrano che i punti D', G, F' sono nella P' V'. Dunque la suddetta linea, avente i termini nei punti P', D_1, la quale è tutta inferiore alla L, è un tratto della retta P' V', della quale perciò il tratto rimanente non sarà inferiore alla L. Laonde avremo appunto che la P' V' non sarà tutta inferiore alla L, e la linea delle intensità magnetiche nel considerato istante sarà costituita da quel tratto della P' V' che è inferiore ad L e da quel tratto della L che è compreso tra le $C_1 D_1$, U'' U', il quale è quello che è inferiore alla P' V'.

Se invece il magnetismo, giunto l' istante preso a considerare, sarà diminuito in tutte le porzioni omomagnetiche della verga, allora tutta la linea delle intensità magnetiche riuscirà inferiore alla L, cioè alla PV, e collo stesso ragionamento si proverà che

ogni suo punto cade nella P' V"; laonde la P' V" riuscirà tutta inferiore alla linea L, e da sola costituirà la nuova linea delle intensità magnetiche.

§. 5. Dal §. 6 del cap. VI abbiamo che se l' azione magnetizzante diretta decrescente si arresti ad un certo punto dal decrescere e cominci di nuovo a crescere, deve tosto arrestarsi dal decrescere e cominciare a crescere di nuovo il magnetismo sensibile della verga. Ora, siccome una diminuzione della tendenza estrinseca deve produrre lo stesso effetto che un eguale aumento dell' azione magnetizzante, ne viene di conseguenza che, ove quest' azione, arrestatasi dal decrescere, si conservi costante, dovrà poi il magnetismo crescere per qualunque circostanza che faccia decrescere la tendenza estrinseca. Ed a questo proposito si ponno fare sperienze analoghe a quelle indicate al §. 2.

Anche annullata che sia l' azione magnetizzante, diminuendo la tendenza estrinseca, dovrà crescere il magnetismo sensibile. E se infatti si magnetizza un fascio di due verghe e poi se ne esplora il magnetismo mediante un' ago magnetico, allontanando un pochino le due verghe l' una dall' altra, la deviazione dell' ago aumenta, ed aumentando poi la distanza tra le due verghe, la prefata deviazione aumenta ulteriormente.

§. 6. Supponiamo ora che, essendo l' azione magnetizzante diretta cresciuta prima sino ad un certo grado, indi diminuita sino ad un certo altro, e quivi arrestatasi per conservarsi costante, la verga venga assoggettata ad un' azione puramente smagnetizzante, la quale ammetteremo che agisca egualmente su tutte le parti della verga (cap. IV. §. 5). Ed esaminiamo quali effetti debban prodursi nei diversi casi.

Prima che l' azione puramente smagnetizzante vada ad agire, in tutte le porzioni della verga nelle quali il magnetismo ha cominciato a diminuire ed anche in quella nella quale fosse rimasto in procinto di cominciare, le forze che si oppongono a questa diminuzione, o più in generale, al variare in senso inverso del magnetismo, tra le quali avvi la forza coercitiva, fanno appena

equilibrio a quelle che tendono a produrre la variazione in senso inverso; ond' è che qualunque piccola diminuzione di forza coercitiva in queste porzioni deve dar luogo in esse ad una variazione di magnetismo nel senso inverso. Nelle altre porzioni omomagnetiche, se ve ne sono, la differenza tra la somma delle forze che tendono a produrre la variazione nel senso inverso e la somma di quelle che tendono a produrla nel senso diretto, è minore della forza coercitiva, la quale si oppone ad entrambi questi effetti; e perciò se in esse porzioni la forza coercitiva diminuisce, ma non diviene minore di quella differenza, il loro magnetismo resterà inalterato. È quindi manifesto che, nel caso che in tutte le porzioni omomagnetiche della verga abbia già cominciato a diminuire il magnetismo o sia giunto in procinto di cominciare, dovrà in seguito di una qualunque azione puramente smagnetizzante variare in senso inverso il magnetismo sensibile della verga, e siccome esso è diretto, dovrà diminuire; ciò che produrrà una diminuzione della tendenza estrinseca, che è inversa, e quindi una variazione, nel senso diretto, del magnetismo speciale posseduto da alcune prime porzioni omomagnetiche della verga. Ed è pur manifesto che, anche nell' altro caso, l' azione puramente smagnetizzante, se non eccederà un certo grado di forza, dovrà produrre una diminuzione del magnetismo sensibile della verga. Ma si comprende che in quest' altro caso potrà anche essere stata così piccola tutta la diminuzione avvenuta nell' azione magnetizzante, che in molte delle porzioni nelle quali il magnetismo non giunse in procinto di cominciare a diminuire (e tra le quali vi saranno tutte quelle nelle quali non fosse mai sorto magnetismo), l' azione magnetizzante sia bensì minore della tendenza intrinseca, più la estrinseca, più la forza coercitiva; ma però maggiore tuttora della somma delle sole due tendenze; e che perciò una azione puramente smagnetizzante forte, diminuendo abbastanza le forze coercitive di queste porzioni, dia luogo ad un aumento del loro magnetismo diretto, che potrà anche esser tale da prevalere alla diminuzione avvenuta in altre porzioni. Si comprende cioè

che, in questo caso della piccola diminuzione avvenuta nell'azione magnetizzante, mentre una debole azione puramente smagnetizzante produrrà diminuzione di magnetismo sensibile, una più forte potrà produrre invece un aumento.

Vediamo ora di por meglio in chiaro la cosa.

Supponiamo che, cessata la diminuzione dell' azione magnetizzante diretta, il magnetismo non sia invertito in veruna porzione omomagnetica della verga, e rappresentiamo con PDV (fig. 5, 6 e 7) la linea delle intensità magnetiche prima che agisca l' azione puramente smagnetizzante, ed indichiamo con φ l' intensità costante che allora ha l' azione magnetizzante. Se poi verrà ad agire una azione puramente smagnetizzante atta a rendere temporariamente nulla la forza coercitiva in tutte le porzioni della verga, la nuova linea delle intensità magnetiche sarà una retta parallela alla OU, che rappresento con P'V'. Per l' equilibrio del magnetismo nella porzione o prima che agisca l' azione smagnetizzante, dovrà essere (cap. prec. §. 6) $\varphi = PO + \tau . pdvuo$; e per l' equilibrio nella porzione stessa, mentre agisce l' azione smagnetizzante, dovrà essere . . . . $\varphi = P'O + \tau . p'v'uo$;

delle quali deducesi . . (1) . . $PO + T . pdvuo = P'O + T . p'v'uo$.

Si conduca da P la PQ parallela alla OU, e potrà darsi che il solido geometrico $pquo$ riesca eguale al solido $pdvuo$, potrà darsi che riesca minore di esso e potrà darsi che ne riesca maggiore.

Nel primo caso potremo sostituire $pquo$ a $pdvuo$ nella equazione (1), ed avremo la seguente

$$PO + \tau . pquo = P'O + \tau . p'v'uo ,$$

la quale equazione, siccome il solido $p'v'uo$ è uguale, minore o maggiore del solido $pquo$ secondo che P'O è uguale, minore o maggiore di PO, porta di necessità che sia $p'v'uo = pquo$ e $P'O = PO$, come nella fig. 5 è rappresentato. Dunque nel caso di $pquo = pdvuo$, se si sottoporrà a dirittura la verga ad una fortissima azione pu-

ramente smagnetizzante, il suo magnetismo sensibile non varierà menomamente; ma se, invece, si comincierà ad agire sulla verga con azioni puramente smagnetizzanti debolissime e si procederà poi con azioni di mano in mano più forti, dovrà succedere da principio una progressiva diminuzione del magnetismo sensibile, e poscia un progressivo aumento, che alla fine ridurrà il magnetismo stesso al punto di prima.

Nel secondo caso poi, essendo $pquo < pdvuo$ (fig. 6), avremo ancora, a motivo della (1), la relazione

$$(2) \quad PO + \tau . pquo < P'O + \tau . p'v'uo ;$$

la quale, siccome $pquo$ è rispettivamente eguale, minore o maggiore di $p'v'uo$ secondo che PO è uguale, minore o maggiore di $P'O$, porta di necessità che sia $PO < P'O$. Essendo $PO < P'O$ e sussistendo la equazione (1), sarà necessariamente $p'v'uo < pdvuo$. In questo caso pertanto se si agirà a dirittura con una fortissima azione puramente smagnetizzante, si avrà una diminuzione di magnetismo sensibile, come la si ha se si agisce invece con una debole. Osserviamo per altro che, essendo $PO < P'O$ e conseguentemente $pquo < p'v'uo$, avremo, in questo caso,

$$pquo < p'v'uo < pdvuo .$$

È quindi naturale che potrà la differenza di $pquo$ da $pdvuo$ essere tanto piccola che, venendo la verga assoggettata ad azioni puramente smagnetizzanti successive gradamente crescenti e piccolissime da principio, la diminuzioue del magnetismo sensibile, che si produrrà per le prime di queste, lo porti a divenir inferiore del suo valore finale $p'v'uo$; onde questo magnetismo sensibile, dopo di esser decresciuto, debba alla fine crescere senza giungere però alla sua grandezza primitiva.

Nel terzo caso in fine, essendo $pquo > pdvuo$ (fig. 7), avremo, a motivo della (1), la relazione

$$(3) \quad PO + \tau . pquo > P'O + \tau . p'v'uo ,$$

la quale porta di necessaria conseguenza $PO > P'O$; laonde, in causa della equazione (1), dovrà essere $p' v' u o > p d v u o$. Dunque in questo caso, mentre agendo da principio con una azione puramente smagnetizzante debole si avrà una diminuzione di magnetismo sensibile, agendo invece a dirittura da principio con una forte, si otterrà un aumento. E se si agirà con successive azioni smagnetizzanti gradatamente crescenti, piccolissime le prime, fortissime le ultime, da principio il magnetismo sensibile della verga dovrà diminuire, poi dovrà crescere e giungere in fine a superare il suo primitivo valore.

§. 7. Esporrò qui alcune sperienze relative ai risultati teorici del §. precedente.

Due verghe parallelepipede d' acciajo magnetizzate regolarmente e di forze presso che uguali, disposte normalmente al meridiano magnetico e coi poli omonimi rivolti in sensi opposti, furono assicurate una superiormente, l' altra inferiormente ad un magnetometro ordinario, onde sperimentare col metodo indicato al §. 9 del capitolo secondo. La verga superiore era distante 198^{mm} dall' ago; l' inferiore ne era a distanza poco diversa e tale che l'ago rimaneva a zero. La lunghezza dell'ago è di 97^{mm}, le verghe erano lunghe 180, larghe 28 e grosse 3 millimetri. Un cilindretto di ferro lungo quanto le verghe e grosso 7^{mm}, nuovo al magnetismo, fu posto sulla grondaja piatta del magnetometro, la quale era colla sua faccia superiore a 73 millim. di altezza sopra l'ago ed era sostenuta da due fulcri separati da quello che sosteneva il magnetometro. Il cilindretto faceva deviare l' ago nel senso debito e di. . . . . 14.° —

Percossi piuttosto fortemente con martello di ottone il cilindretto tenuto sulla grondaja e la deviazione dell'ago si ridusse a . . . . 28.° —

Levai il cilindretto dalla grondaja e col mezzo di percosse lo rinnovai al magnetismo. Rimesso sulla grondaja produsse ancora la deviazione di . . . . . 14.° —

Sperienza 1.ª Lo sollevai verticalmente, accostandolo così alla

verga superiore, tanto che, rimesso sulla grondaja la deviazione riuscì di . . . . 28.° —
Tenendolo poi sulla grondaja, lo assoggettai, mediante il solito martello d' ottone, a percosse da principio leggerissime e poi di mano in mano più forti; e la deviazione dell' ago cominciò tosto a decrescere e discese progressivamente sino a . . . . 25.° —
poi cominciò a crescere e alla fine giunse a . . . 28.° —

Sperienza 2.ª Rimuovo il cilindretto dalla grondaja e lo rinnovo al magnetismo; e, rimesso sulla grondaja, lo sollevo poi verticalmente e un poco di più che non feci nella sperienza precedente, così che, ricondotto col movimento inverso sulla grondaja, produce nell' ago una deviazione di . . . . 30.° 30′
Tenendolo sulla grondaja lo assoggetto a percosse gradatamente crescenti, assai deboli le prime, piuttosto forti le ultime, e la deviazione decresce prima sino a 26.° 15′
poi comincia a crescere, e giunge in fine circa a . 28.° —

Sperienza 3.ª Tolto via il cilindretto, rinnovato al magnetismo e rimesso sulla grondaja, lo sollevai un po' meno che nella sperienza 1.ª, così che, rimesso sulla grondaja, la deviazione riuscì di . . . . . 26.° scarsi
Tenendolo sulla grondaja lo assoggettai a percosse gradatamente crescenti, come nelle precedenti sperienze, e la deviazione decrebbe prima sino a . . . . . 23.° 30′
poi crebbe sino a . . . . 28.° —

Registrerò anche le due seguenti sperienze:

Sperienza 4.ª Un fascio di sottili fili di ferro, lungo 200^{mm} e pesante grammi 78, rinnovato al magnetismo per mezzo di flessioni e di torsioni, posto sulla grondaja dello stesso magnetometro ne deviava l' ago di . . . . 13.° —
Sollevatolo verticalmente sino ad un certo punto, e rimesso poi sulla grondaja, teneva deviato l' ago di 31.° —
Piegandolo e torcendolo in questo luogo, prima debol-

mente, e poi di mano in mano più fortemente, la deviazione decrebbe prima progressivamente sino a . 26.° —
poi crebbe sino a . . . . 33.° 30′

Sperienza 5.° Lo stesso fascio, rinnovato al magnetismo, fu posto nell' elica superiore del magnetometro allestito come è indicato al §. 8 del Capitolo II. Fatta passare una corrente voltaica per le due eliche, il fascio si magnetizzò in modo che produsse nell' ago la deviazione di . . . . 11.° —

Rinforzando allora la corrente, col sopprimere dal circuito 50 metri di filo metallico che in esso si trovavano, il magnetismo crebbe e la deviazione riuscì di 46.° —

Facendo allora diminuire di intensità la corrente, senza interromperla, coll' introdurre di nuovo nel circuito i detti 50 metri di filo, il magnetismo scemò e la deviazione si ridusse a . . . . 21.° —

Lasciando persistere questa corrente e torcendo il fascio entro l' elica, prima debolmente e poi di mano in mano più fortemente, la deviazione dell' ago decrebbe prima sino a . . . . 19.° —
poi crebbe sino a . . . . 23.° —

§. 8. Consideriamo ancora il caso di una verga nuova al magnetismo, che viene assoggettata ad un' azione magnetizzante diretta, che cresce con continuità sino ad un certo grado, poi decresce sino ad annullarsi. E dimostriamo che la grandezza del magnetismo sensibile della verga, nell' atto che l' azione magnetizzante passa per un determinato valore ϕ crescendo, è minore sempre di quella che ha luogo nell' atto che l' azione magnetizzante passa per quel medesimo valore decrescendo.

Sia P′V′ (fig. 8) la linea delle intensità magnetiche nell'atto che l' azione magnetizzante passa pel valore ϕ crescendo; e PV sia la linea delle intensità magnetiche nell'atto che l'azione magnetizzante giunge al suo massimo per poi decrescere. Sia OP″ l' ordinata rappresentante l' intensità del magnetismo nella porzione *o* nell' atto che l' azione magnetizzante passa per il valore ϕ diminu-

endo. Per brevità, considererò soltanto il caso che il punto P″ sia superiore alla OU (che cioè sia *diretto* il magnetismo op'') e che, condotta da P″ la P″D perpendicolare alla PV, il suo piede D non cada fuori della PV. Sarà P″DV la linea delle intensità magnetiche nell' atto che l' azione magnetizzante passa pel valore ϕ decrescendo.

Consideriamo l' equilibrio magnetico nella porzione o nell' atto che l' azione magnetizzante passa pel valore ϕ crescendo, e nell' atto che vi passa decrescendo; e dedurremo le due equazioni

$$\phi = OP' + \tau . p'v'uo, \qquad \phi = OP'' + \tau . p''dvuo;$$

dalle quali deducesi la seguente:

$$OP' + \tau . p'v'uo = OP'' + \tau . p''dvuo.$$

Si osservi ora che, ove OP″ fosse maggiore di OP′, od eguale ad OP′, il solido geometrico $p'v'uo$ sarebbe una parte del solido geometrico $p''dvuo$, mentre invece, a motivo della dimostrata equazione, dovrebbe essere quel primo solido maggiore di questo secondo, o eguale ad esso. Dovrà dunque essere necessariamente $OP'' < OP'$, e perciò in grazia della stessa equazione, sarà necessariamente $p'v'uo < p''dvuo$. C. D. D.

Si ponno ottenere verificazioni di questo teorema, notissimo in pratica, sperimentando coi metodi dei §§. 8 e 9 del cap. II. Esso scorgesi verificato nelle sperienze del §. precedente. Ecco poi un' altra maniera di verificarlo: Presentando, per di sotto, ad un polo di una calamita piuttosto forte un cilindretto di ferro tenuto verticalmente, e provando a fargli sostenere, sospeso all' altra estremità un altro simile cilindretto, si trova che per ottenere lo scopo fa d' uopo accostare il primo cilindretto al polo della calamita sino ad un certo punto; se poi, lasciandovi sospeso l'altro cilindretto, lo si accosta ulteriormente, indi a poco a poco lo si allontana, avviene che il secondo cilindretto rimane sostenuto anche quando la sua distanza dal polo della calamita è notevolmente

maggiore di quella occorsa da principio per ottenere lo scopo. Si può variare questo sperimento presentando il primo cilindretto al polo della calamita per di sopra invece che per di sotto, e sperimentando se esso medesimo possa essere sostenuto mediante l'altro cilindretto applicato alla sua estremità superiore.

§. 9. Una verga nuova pel magnetismo venga assoggettata ad un' azione magnetizzante diretta, la quale partendo da zero cresca con continuità sino ad un certo grado ϕ, e chiamiamo L la corrispondente linea delle intensità magnetiche compiuto che sia questo aumento; e denotiamo con P (fig. 9) il primo termine di questa linea. Poi l'azione magnetizzante decresca con continuità sino ad un certo grado ϕ', il quale possa anche esser zero, e chiamiamo L' la linea delle intensità magnetiche compiuta che sia questa diminuzione, e rappresentiamo in P' il primo estremo di questa linea. Poscia l'azione magnetizzante cresca di nuovo con continuità. Dal §. 6 del cap. VI, si deduce che allora il primo estremo della linea delle intensità magnetiche partirà da P' e scorrerà con continuità verso O'. Ciò posto, prendiamo a considerare un istante qualunque di questo secondo aumento dell'azione magnetizzante e chiamiamo L'' la linea delle intensità magnetiche in tale istante, e denotiamo con P'' il suo primo termine, e dal punto P'' sia condotta la parallela alla dimezzante l'angolo O U U' estesa sino al suo incontro colla U' U'', che denomineremo V''. Dico che « la linea L'' sarà costituita da quel tratto di questa retta P'' V'', il quale rimarrà al di sopra della linea L', e da quel tratto della linea L', il quale non rimarrà al di sotto della retta P'' V'' ».

Si conduca infatti da P la P V parallela alla dimezzante l'angolo O U U', e, ritenuto ch' essa, come è rappresentato nella figura, intersechi la O U tra O ed U in un punto A, la linea che abbiamo chiamata L sarà costituita dai due tratti P A, A U delle due rette P V, O U. Dal punto P' si conduca la P' V' parallela alla dimezzante l'angolo O' O U, che incontrerà la P V in un punto D tra P ed A; e la spezzata P' D A U sarà la linea che abbiam chiamata L'.

Ora, dal citato §. 6 del cap. VI abbiamo che, giunto l' istante preso a considerare, il magnetismo, in grazia del nuovo aumento che sta effettuandosi nell' azione magnetizzante, avrà già cominciato a variare in senso diretto, o in tutte le porzioni omomagnetiche della verga, ovvero soltanto in quelle di forze coercitive minori di una tale, e nella porzione dotata di questa tale forza coercitiva il magnetismo sarà in procinto di cominciare a variare nel detto senso. Poniamo che abbia luogo la seconda di queste due cose, e sia presa OE eguale a quella tal forza coercitiva, e condotta EF ordinata dalla linea P'DAU; e la linea delle intensità magnetiche nel detto istante sarà composta di quella parte della linea P'DAU (cioè della L') che rimane tra le parallele U'U'' ed EF, e di una linea compresa tra le parallele O'O'', EF ed avente i termini nei punti P'', F, la quale sarà tutta dalla banda superiore della linea L'. Dall' ultima parte del citato §. 6 del cap. VI si deduce che questa linea, procedendo da P'' verso F sarà tutta discendente. Poniamo che, come è nella figura, il punto P'' sia superiore alla OU e l'F inferiore, e indichiamo con N, J due punti di essa linea, uno superiore l' altro inferiore alla OU, con K quel suo punto che è nella OU; e conduciamo le ordinate NM, JI. Dal §. testè citato abbiamo che per ognuna delle porzioni omomagnetiche *o, m, k, i, e* dovrà la somma delle forze, che tendono a far variare in senso diretto il magnetismo, eguagliare la somma di quelle che a tale variazione si oppongono; laonde indicata con ϕ'' l' intensità dell' azione magnetizzante nell' istante che consideriamo e con t'' la tendenza estrinseca nello stesso istante, la quale è inversa, avremo le equazioni

$$\phi''=\mathrm{OP}''+t'', \quad \phi''=\mathrm{OM}+\mathrm{MN}+t'', \quad \phi''=\mathrm{OK}+t'',$$
$$\phi''+\mathrm{IJ}=\mathrm{OI}+t'', \quad \phi''+\mathrm{EF}=\mathrm{OE}+t''; \quad \text{dalle quali}$$
$$\mathrm{OP}''=\mathrm{OK}, \quad \mathrm{MN}=\mathrm{MK}, \quad \mathrm{IJ}=\mathrm{IK}, \quad \mathrm{EF}=\mathrm{EK}.$$

Queste equazioni mostrano che la suddetta linea avente i termini nei punti P'', F è un tratto della retta P''V'', e necessariamente

sarà quel tratto di questa retta, il quale rimane snperiore alla P' D A U ossia L'. Dunque la linea L" è la spezzata P" F D A U, costituita da quel tratto della P" V" il quale rimane al di sopra della L' e da quel tratto della L' il quale non è al di sotto della P" V". Così il teorema è dimostrato soltanto pel caso in cui si verifichino le supposte accidentalità; ma ognuno vede come coi medesimi principii lo si possa dimostrare per qualunque altro caso.

§. 10. Se l' azione magnetizzante, continuando a crescere, tornerà al valore φ, allora la linea delle intensità magnetiche si ridurrà di nuovo alla L, cioè alla P A U, attenendoci alla fig. 9; poichè altrimenti, come ognuno vede, non potrebbe aver luogo l' equilibrio del magnetismo. E se poi di nuovo l' azione magnetizzante diminuirà sino al valore φ', di nuovo la linea delle intensità magnetiche si ridurrà alla L', cioè alla P' D A U; e così di seguito. Se dunque l' azione magnetizzante oscillerà per tal modo dal valore φ' al valore φ e viceversa, la grandezza del magnetismo della verga andrà oscillando dall' uno all' altro di due valori costanti, il primo dei quali, corrispondente al valore φ' dell' azione magnetizzante, sarà rappresentato da $gda-p'og$; l' altro, corrispondente al valòre φ dell' azione stessa, sarà rappresentato da pao. Ed è pure manifesto che tutte le volte che l' azione magnetizzante assumerà un dato valore crescendo, la linea delle intensita magnetiche riuscirà una medesima, e perciò anco la grandezza del magnetismo sensibile; ed una medesima riuscirà pure la linea delle intensità magnetiche, e perciò anco la grandezza del magnetismo sensibile, tutte le volte che l' azione magnetizzante assumerà un medesimo valore decrescendo.

Ora io dico che « tutte le volte che l' azione magnetizzante, continuando nelle supposte oscillazioni, passerà per un valore intermedio φ'' decrescendo, la grandezza del magnetismo sensibile della verga sarà maggiore di quella, che avrà luogo tutte le volte che l' azione magnetizzante passerà pel medesimo valore φ'' crescendo. »

Sia infatti Π la posizione del primo estremo della linea delle intensità magnetiche nell' atto che l' azione magnetizzante passa pel valore ϕ'' decrescendo; e condotta $\Pi\,\Delta$ parallela a P' D, sarà $\Pi\,\Delta$ A U la linea delle intensità magnetiche in tale circostanza, e la grandezza che allora avrà il magnetismo sensibile sarà rappresentata da $p\,o\,a - p\,\delta\,\pi$.

Siccome vi è equilibrio tra le forze che sollecitano il magnetismo nella prima porzione omomagnetica *o*, tanto quando l'azione magnetizzante è al suo valore massimo ϕ come quando è poi passata al valore ϕ'' decrescendo, dovrà la variazione in senso inverso, che avviene nell' azione magnetizzante stessa in tale suo passaggio, eguagliare in grandezza la somma delle variazioni che in senso diretto avverranno, in grazia del passaggio stesso, nelle altre forze sollecitanti il magnetismo in quella porzione. Dovrà essere cioè

$$\phi - \phi'' = \Pi\,P + \tau\,.\,p\,\delta\,\pi\,.$$

Sia ora P'' la posizione del primo estremo della linea delle intensità magnetiche nell' atto che l' azione magnetizzante passa pel valore ϕ'' crescendo; e condotta P'' F parallela a P A, sarà P'' F D A U la linea delle intensità magnetiche in tale circostanza, e sarà rappresentata da $p\,o\,a - p''\,f\,d\,p$ la grandezza, che allora avrà il magnetismo sensibile della verga.

Poichè vi è equilibrio tra le forze che sollecitano il magnetismo nella porzione omomagnetica *o*, tanto quando l' azione magnetizzante giunge al valore ϕ'' crescendo, come qnando, avendo continuato a crescere, è poi passata al suo valore massimo ϕ, dovrà la variazione, che in senso diretto avviene nell' azione magnetizzante stessa per tale suo passaggio, eguagliare in grandezza la somma delle variazioni che in senso inverso avverranno, in seguito del passaggio stesso, nelle altre forze sollecitanti il magnetismo nella prima porzione. Dovrà cioè essere

$$\phi - \phi'' = P''\,P + \tau\,.\,p''\,f\,d\,p\,.$$

Dalle ottenute equazioni si rieava la

$$(1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \Pi P + \tau . p \delta \pi = P'' P + \tau . p'' f d p .$$

Ora, siccome, ove fosse ΠP eguale a $P'' P$, o minore di $P'' P$, il solido geometrico $p \delta \pi$ sarebbe necessariamente una parte del solido $p'' f d p$, mentre, in vista di questa equazione (1), dovrebbe $p \delta \pi$ essere eguale a $p'' f d p$, ovvero maggiore di $p'' f d p$, ne viene che necessariamente sarà $\Pi P > P'' P$; e quindi in grazia della equazione (1) sarà $p \delta \pi < p'' f d p$; e per conseguenza

$$p o a - p \delta \pi > p o a - p'' f d p ;$$

cioè la grandezza del magnetismo sensibile della verga, mentre l' azione magnetizzante passa pel valore φ'' decrescendo, maggiore di quella che avrà luogo mentre vi passa crescendo. C. D. D.

Osservazione. Del teorema qui dimostrato si ottengono assai commodamente verificazioni di fatto, sperimentando coi metodi indicati ai §§. 8 e 9 del capitolo secondo. Esso teorema poi rende manifestamente ragione del noto fenomeno della maggior forza attrattiva, che ha luogo tra la calamita e l' áncora dopo che, lasciando sempre l' áncora applicata alla calamita, lateralmente ad essa áncora si abbiano applicati coi loro estremi ai poli della calamita stessa altri pezzi di ferro, e quindi rimossi.

§. 11. Essendo l' azione magnetizzante diretta cresciuta da principio sino ad un valore φ, poi decresciuta sino ad un valore φ', indi cresciuta di nuovo sino ad un valore φ'', essa poi conservi costantemente questo valore; e, ritenuto che l' ultimo aumento dell' azione magnetizzante sia stato piccolo e molto minore del precedente decremento, e che la linea finale delle intensità magnetiche sia per esempio la P″FDAU (fig. 9), è manifesto che, se la verga verrà allora assoggettata ad una debole azione puramente smagnetizzante, facendo questa diminuire un pochino la forza coercitiva nelle diverse porzioni omomagnetiche della verga, dovrà variar tosto il magnetismo in quelle porzioni nelle

quali è in procinto di variare e che son quelle di forze coercitive non maggiori di OE, e dovrà variare nel senso in cui ne è in procinto, cioè in senso diritto; e dovrà anche variare in alcune prime tra le porzioni di forze coercitive maggiori di OE; e tutto ciò darà luogo ad un piccolo aumento nel magnetismo sensibile, che è diretto, e perciò anche nella tendenza estrinseca, che è inversa, d'onde ne deriverà una piccola variazione in senso inverso nel magnetismo della prima porzione o e di alcune altre ad essa consecutive. E simili effetti progrediranno innanzi, almeno sino ad un certo punto, se si agirà poi sulla verga con azioni puramente smagnetizzanti gradatamente crescenti. Ma poichè piccolo fu, come supponiamo, l'aumento ultimo dell'azione magnetizzante, anche al confronto del precedente decremento di essa, si comprende che in molte porzioni omomagnetiche di forze coercitive alquanto maggiori di OE, il magnetismo, al compiersi dell'ultimo aumento dell'azione magnetizzante, sarà tuttora rimasto non molto lontano dall'essere in procinto di variare in senso inverso, e perciò potranno le azioni puramente smagnetizzanti giungere al segno di far diminuire la forza coercitiva in queste porzioni tanto che in esse il magnetismo abbia a variare in senso inverso; e ciò tenderà a produrre una diminuzione nel magnetismo sensibile. Si comprende da ciò la possibilità di ottenere che la verga in simile condizione presenti un aumento di magnetismo sensibile sotto azioni puramente smagnetizzanti deboli, ed una diminuzione sotto azioni smagnetizzanti più forti.

Se per esempio noi prenderemo una verga di ferro nuova al magnetismo e la sottoporremo ad un'azione magnetizzante, che indico con φ'', e quivi la percuoteremo fortemente, ed esploreremo il grado a di magnetismo sensibile che essa possederà sotto la detta azione magnetizzante in seguito delle praticate percosse; e se quindi rinnoveremo al magnetismo la stessa verga e la sottoporremo ad un'azione magnetizzante, crescente prima sino ad un certo grado $\varphi > \varphi''$, poi decrescente sino ad un certo grado $\varphi' < \varphi''$, e tali, questi due gradi φ e φ', che facendo poi crescere

l' azione magnetizzante sino al grado ϕ'', ne risulti nella verga un grado di magnetismo sensibile eguale ad α o pochissimo diverso da esso, è manifesto che al percuotere allora la verga, leggermente da principio, e poi a poco a poco sempre più fortemente, dovrà da principio crescere progressivamente il magnetismo sensibile della verga e risultare quindi di grado maggiore di α, ma in seguito dovrà decrescere, poichè alla fine dovrà ridursi di grado eguale o presso che eguale ad α.

Vado ad esporre due sperimenti a ciò relativi, eseguiti coll' apparecchio usato nelle quattro prime sperienze del §. 7.

§. 12. La verga inferiore era distante dall' ago circa 200 millimetri; ed abbassai un poco la verga superiore, tanto che l' ago, non rimanendo più a zero, deviava di 50° nel senso dovuto. Feci allora girare la graduazione del magnetometro tanto che lo zero andasse a corrispondere alla nuova posizione dell' ago. La grondaja piatta, sostenuta da un fulcro separato, era sopra l' ago e distante da esso 100 millim. circa. Il cilindretto di ferro usato nelle sperienze del §. 7, rinnovato al magnetismo e messo sulla grondaja, produceva una deviazione dallo zero e nel senso debito cioè verso il meridiano magnetico, di 24°. E potremo chiamar ϕ'' l' intensità dell' azione magnetizzante cui trovavasi allora sottoposto. Provai quivi a percuoterlo fortemente per vedere a che punto si riducesse il suo magnetismo sensibile, e vidi che si riduceva a tale da far deviar l' ago di 40°. Dopo questa prova preparatoria, sperimentai come segue.

Sperienza 1.ª Ho rimosso dalla grondaja il cilindretto, e, rinnovatolo al magnetismo, lo collocai di nuovo sulla grondaja e produsse la deviazione di 24°. Feci poi aumentare sino ad un certo punto l' azione magnetizzante sollevandolo verso la verga superiore, e tanto che, ricondotto sulla grondaja col movimento inverso, la deviazione fu di 56°, e facendo poi diminuire l' azione magnetizzante sino ad annullarsi allontanandolo molto dalla grondaja con movimento di traslazione orizzontale e parallelo al meridiano magnetico, indi facendo aumentare di nuovo l' azione ma-

gnetizzante sino al grado ϕ'' col ricondurlo sulla grondaja col movimento inverso, la deviazione fu di . . . . . 39.° 30′
cioè poco minore di quella ottenuta dopo le percosse nella porva preparatoria. Assoggettandolo allora, tenuto sulla grondaja, a percosse gradatamente crescenti, leggerissime le prime, forti le ultime, la deviazione crebbe da prima sino a . . . . 41.° —
poi decrebbe sino a . . . . 40.° —.

Sperienza 2.ª Presi via il cilindretto e lo rinnovai al magnetismo, e rimesso sulla grondaja, produsse al solito la deviazione di 24°. Feci poi aumentare l'azione magnetizzante e di più che nell'esperienza precedente, sollevandolo verso la verga superiore tanto che, ricondotto sulla grondaja col movimento inverso, produceva la deviazione di 58°, e allontanato poscia molto dalla grondaja con movimento di traslazione orizzontale e parallelo al meridiano magnetico, indi rincondotto sulla grondaja col movimento inverso, produceva la deviazione di . . . . 40.° 30′
che è poco maggiore di quella ottenuta dopo le percosse nella prova preparatoria. Assoggettandolo allora, sulla grondaja, a percosse gradatamente crescenti, leggiere molto le prime, forti le ultime, la deviazione crebbe dapprima sino a . . . . 42.° scarsi
poi decrebbe sino a . . . . 40.° —

§. 13. Ecco poi un'altra sperienza che ha pure relazione con ciò che si è dedotto nel §. 11. Ho presi due pezzi di ferro dolce foggiati a guisa de' grimaldelli ordinari delle calamite a ferro di cavallo, ma incurvati nelle loro parti intermedie in modo che, applicandoli l'uno all'altro, come ciascuno si applicherebbe alla sua calamita, essi si toccano soltanto lungo due tratti presso le estremità (*). Magnetizzati fortemente questi due pezzi di ferro

(*) Sono quelli usati nell'esperimento descritto al §. 12 della Memoria *Sopra il fenomeno che si osserva nelle calamite temporarie* ecc. inserita a pag. 237 della 1.ª parte del T. XXV. delle Memorie della Soc. It. delle Scienze.

dolce, indi applicati l'uno all'altro in modo che i poli dell'uno combaciassero coi poli rispettivamente amici dell'altro, trovai che la forza attrattiva era debole ed insufficiente a reggere il peso del maggiore di essi. Applicati di nuovo, l'uno all'altro, come sopra, e tenendoli così uniti, li ho percossi con certa forza, e, senza poi distaccarli, esplorai la loro forza attrattiva reciproca, e trovai che essa era sufficiente a reggere il peso del maggiore dei due. Seguitando a tenerli uniti e percuotendoli poi con molto maggiore forza, indi esplorando di nuovo la loro forza attrattiva, trovai ch'essa era tornata insufficiente a reggere il peso del maggiore dei due pezzi.

§. 14. *Osservazione.* Ritornando sulle considerazioni del §. 11, si comprende che, se la diminuzione $\varphi - \varphi'$ avvenuta nell'azione magnetizzante sia alquanto piccola in confronto della φ ed anco in confronto di quella azione magnetizzante che occorre per suscitare magnetismo sin nella porzione u, dotata della maggior forza coercitiva, ed il successivo aumento $\varphi'' - \varphi'$ sia piccolo in confronto della precedente diminuzione $\varphi - \varphi'$; si comprende, dico, che, in tal caso, la linea delle intensità magnetiche dovrà riuscire analoga alla PHDV, ovvero alla P'H'D'AU, (fig. 10); e che, per leggerissime percosse e non eccedenti un certo piccolo grado di forza, la linea delle intensità magnetiche dovrà innalzarsi intorno al punto analogo all'H o all'H', rimanendo inalterata nelle sue parti corrispondenti a porzioni omomagnetiche di maggiori forze coercitive; per percosse più forti, ma non eccedenti un certo altro grado di forza, questa linea dovrà abbassarsi intorno al punto analogo al D, o al D', rimanendo inalterata nelle sue parti corrispondenti a porzioni dotate di maggior forza coercitiva; e infine, per percosse molto forti, dovrà innalzarsi in un ultimo suo tratto terminante col punto analogo al V, ovvero comprendente il tratto analogo all'AU. E si comprende quindi che la verga, per percosse gradatamente crescenti, debolissime le prime, forti le ultime, potrà presentare da principio un aumento del suo magnetismo sensibile, indi una diminuzione, ed infine un nuovo aumento. Ma

se questa successione di effetti alternativamente opposti, prodotti da azioni puramente smagnetizzanti gradatamente crescenti, può aver luogo di fatto, come sembra ben probabile, onde verificarla sperimentalmente richiedonsi più diligenti prove, e forse mezzi di esplorazione più delicati di quelli che ho usati sin'ora.

Così pure, se dopo l'aumento $\varphi'' - \varphi'$ dell'azione magnetizzante avrà luogo in essa un decremento molto minore dell'aumento stesso, considerazioni analoghe alle precedenti ci conducono a pensare che il magnetismo sensibile della verga debba presentare prima una piccola diminuzione, poi un aumento, poi ancora una diminuzione e in fine ancora un aumento, ove si vada ad agire sulla verga con successive azioni puramente smagnetizzanti a poco a poco crescenti, debolissime le prime, fortissime le ultime.

E così di seguito: ma non sappiamo sino a qual punto potranno spingersi con risultato le sperienze a ciò relative studiando di adoperare i più delicati mezzi di esplorazione.

§. 15. Supponiamo ora che una verga nuova pel magnetismo venga assoggettata ad un'azione magnetizzante diretta la quale cresca con continuità sino ad un certo grado φ, e chiamiamo L lo stato della linea delle intensità magnetiche allorchè l'azione magnetizzante giunge a questo grado. L'azione magnetizzante decresca poscia con continuità sino ad annullarsi, e riteniamo rappresentato in P' (fig. 9) il punto in cui si porterà allora il primo estremo della linea delle intensità magnetiche. Sorga quindi l'azione magnetizzante in senso inverso e vada crescendo con continuità; allora il primo estremo della linea delle intensità magnetiche partirà da P' e procederà con continuità verso O'', come deducesi dal §. 7 del cap. VI; e, appoggiandosi a quanto si è stabilito nel detto §. 7, con procedimento simile agli usati sopra in casi analoghi, si dimostrerà inoltre che indicando con P''' il punto in cui trovasi il detto primo estremo in un istante qualunque dell'incremento dell'azione magnetizzante inversa, e conducendo la P''' V''', parallela alla dimezzante l'angolo O U U'' ed estesa sino ad incontrare la U'U'', la linea delle intensità magnetiche in quel-

l'istante sarà costituita da quel tratto della P''' V''' che rimane inferiore alla L e da quel tratto della L che rimane inferiore alla P''' V'''.

È quindi manifesto che, anche dopo sorta l'azione magnetizzante inversa, finchè non sia giunta ad un certo grado d'intensità, persisterà magnetismo diretto in alcune porzioni omomagnetiche della verga.

Se, sotto l'azione magnetizzante diretta, giunta al suo più alto grado ϕ, la linea delle intensità magnetiche sarà stata, come la PAU nella figura 9, composta di un tratto PA di una parallela alla dimezzante l'angolo OUU' e di un tratto AU della OU, allora, giunta che sarà l'azione magnetizzante inversa ad una intensità eguale a ϕ, la linea delle intensità magnetiche sarà necessariamente composta della parallela alla dimezzante l'angolo OUU'' condotta da A ed estesa sino ad incontrare la OO'' e della retta AU; perchè in caso diverso non si verificherebbe la condizione di equilibrio nella porzione *o*, come ognun vede. Pertanto, in questo caso, finchè l'azione magnetizzante inversa non giunge al grado ϕ, persisterà magnetismo diretto in alcune porzioni omomagnetiche della verga.

Se invece sotto l'azione magnetizzante diretta, giunta al grado ϕ, la linea delle intensità magnetiche sarà stata costituita dal solo tratto di una retta parallela alla dimezzante l'angolo OUU' compreso tra le OO', UU', tutto superiore alla OU, allora manifestamente, nel tempo in cui cresceva l'azione magnetizzante diretta vi sarà stato un istante in cui la linea delle intensità magnetiche sarà stata costituita dalla dimezzante l'angolo OUU' estesa sino alla OO'; e, detto ψ il grado dell'azione magnetizzante in quell'istante, noi avremo che, giunta che sarà al grado d'intensità ψ l'azione magnetizzante inversa, la linea delle intensità magnetiche sarà costituita dalla dimezzante l'angolo OUU'' estesa sino ad incontrare la OO'', come ognuno può agevolmente convincersi. Dunque in tal caso, persisterà magnetismo diretto in alcune porzioni omoma-

gnetiche della verga solo finchè l'intensità dell'azione magnetizzante inversa non supererà il detto grado ψ.

§. 16. Un'azione magnetizzante diretta agente su di una verga, in precedenza nuova pel magnetismo, sia con continuità cresciuta sino ad un certo grado φ, poi diminuita sino ad annullarsi, indi sia sorta un'azione magnetizzante inversa la quale sia cresciuta sino ad un certo grado φ'. Indichiamo con L' lo stato in cui allora si troverà la linea delle intensità magnetiche, e con P' la posizione del suo primo termine. Se l'azione magnetizzante inversa, arrestatasi dal crescere al detto grado φ', diminuirà poi con continuità, noi avremo, come deducesi dal §. 8 del cap. VI, che il primo termine della linea delle intensità magnetiche partirà da P' e procederà con continuità verso O'; e che indicando con P'' la sua posizione in un istante qualunque del detto decremento dell'azione magnetizzante, e conducendo da P'' la P'' V'' parallela alla dimezzante l'angolo O U U' ed estesa sino ad incontrare la U' U'', la linea delle intensità magnetiche in quell'istante sarà costituita da quel tratto della retta P'' V'' che rimarrà superiore alla linea L' e da quel tratto della linea L' che non sarà inferiore alla retta P'' V''.

Ne viene di conseguenza che se il magnetismo sensibile della verga, quando l'azione magnetizzante inversa è giunta al grado φ', è tuttora diretto, allora, al diminuire poi di tale azione, questo magnetismo sensibile diretto andrà crescendo; se invece il magnetismo sensibile della verga è nullo, allora, al diminuire dell'azione magnetizzante inversa, sorgerà magnetismo sensibile diretto progressivamente crescente; e se infine il magnetismo sensibile della verga è inverso, esso dovrà progressivamente variare in senso *diretto* al progressivo diminuire dell'azione magnetizzante inversa; e qui potranno darsi tre casi, cioè che, giungendo ad annullarsi l'azione magnetizzante, il magnetismo sensibile sia già divenuto *diretto*, o che riesca solamente annullato, ovvero che persista tuttora *inverso*. Perchè abbia luogo il secondo di questi tre casi, dovrà φ' avere un certo determinato valore, il quale sarà

necessariamente e minore di ϕ e minore del valore ψ del §. precedente, perchè, se ϕ' è eguale alla minore delle due quantità ϕ, ψ, riesce distrutto tutto il magnetismo diretto nella verga, e quindi all' annullarsi dell' azione magnetizzante dovrà persistere magnetismo sensibile inverso (cap. VI, §. 5).

Queste deduzioni concordano precisamente con quanto i fisici hanno già riconosciuto sperimentalmente. Coi metodi poi indicati ai più volte citati §§. 8 e 9 del cap. II, si ponno assai commodamente istituire sperienze relative alle deduzioni medesime.

Osservazione. Allorchè sarà annullata l' azione magntizzante inversa, dovrà nella prima porzione o la tendenza intrinseca del magnetismo essere eguale e contraria alla estrinseca; e siccome la tendenza estrinseca è inversa o diretta o nulla secondo che diretto o inverso o nullo è il magnetismo sensibile della verga, ed è inoltre ad esso proporzionale, mentre d' altra parte la tendenza intrinseca del magnetismo della prima porzione o è diretta o inversa o nulla secondo che questo suo magnetismo è inverso o diretto o nullo, ed è proporzionale alla intensità di questo suo magnetismo, ne viene che il magnetismo nella detta prima porzione o sarà inverso, o diretto, o nullo, secondo che diretto, o inverso, o nullo sarà il magnetismo sensibile della verga, e la intensità di quello sarà proporzionale alla grandezza di questo.

Pertanto la linea delle intensità magnetiche, allorchè sarà annullata l' azione magnetizzante inversa, e ritenuto che la verga rimanga priva di magnetismo sensibile, sarà analoga o alla linea UAFKO (fig. 10), o alla linea VF'K'O, ovvero alla V''K''O. E sarà rispettivamente $okg = gfa$, ovvero $ok'g' = g'f'vu$, od $ok''g'' = g''v''u$.

§. 17. Se quella linea, che al §. 3 del cap. prec. abbiamo appellata λ, la quale esiste nel piano perpendicolare all' O'OU condotto per la OU, e le cui ordinate rappresentano le capacità pel magnetismo delle diverse porzioni omomagnetiche della verga, fosse una retta parallela alla OU, si potrebbe manifestamente sem-

plificare la rappresentazione geometrica dello stato del magnetismo nelle diverse porzioni omomagnetiche della verga. Ma la linea λ non è una retta parallela alla OU, e me ne convinsi nel seguente modo.

Supponiamo che una verga nuova pel magnetismo sia stata sottoposta ad un' azione magnetizzante la quale partendo da zero sia prima cresciuta sino ad un certo grado ϕ, piuttosto debole e tale che non sia sorto magnetismo nelle ultime porzioni omomagnetiche, poi sia diminuita sino ad annullarsi, indi sorta in senso inverso e cresciuta sino ad un certo grado ϕ' minore di ϕ e tale che, diminuendo poi sino ad annullarsi l'azione magnetizzante, il magnetismo sensibile sia risultato nullo. Sia PAU (fig. 11) la linea delle intensità magnetiche nell'atto che l'azione magnetizzante giunse al grado ϕ; P'FAU sia la linea delle intensità magnetiche nell' atto che l' azione magnetizzante essendo inversa giunse al grado ϕ'; e, condotta da O la OK perpendicolare alla P'F, sarà OKGFAU la linea delle intensità magnetiche finale. Ammettiamo che la linea λ sia una retta parallela alla OU.

Essendo equivalenti i due solidi *okg*, *gfa* dovranno anco esserlo i due triangoli OKG, GFA; e perciò dovrà essere $OG = GA$ e conseguentemente $POA = 8 . GFA$, e $P'OG - GFA = GFA$, e quindi $POA = 8(P'OG - GFA)$; e perciò anco $poa = 8(p'og - gfa)$; cioè la grandezza del magnetismo sensibile diretto della verga sotto l'azione magnetizzante giunta in senso diretto al grado ϕ, eguale ad otto volte la grandezza del magnetismo sensibile inverso sotto l' azione magnetizzante giunta al grado ϕ' in senso inverso.

Per ottenere adunque l' annullamento del magnetismo sensibile in simili casi, sarebbe necessario che l'azione magnetizzante inversa giungesse precisamente a tal grado ϕ' da produrre un magnetismo sensibile inverso temporario eguale alla ottava parte del magnetismo sensibile diretto ch' ebbe luogo temporariamente sotto l' azione magnetizzante giunta in senso diretto al suo maggior grado ϕ. Ma in alcuni sperimenti fatti sul proposito col me-

todo del §. 8 del capitolo secondo, ebbi tali risultati da poter ragionevolmente dedurre che, onde le verghe sperimentate rimanessero spolarizzate, occorreva che il detto magnetismo sensibile temporario inverso giungesse oltre la sesta parte, e talora oltre la terza parte del grado, cui era giunto il diretto.

§. 18. In generale « se una verga nuova pel magnetismo venga sottoposta ad un'azione magnetizzante, la quale partendo da zero varii poi con continuità, ora in un senso ora nell'altro, e cambiando anco essa stessa di senso, ovvero non cambiando; indicato con L lo stato della linea delle intensità magnetiche nell'atto che nell'azione magnetizzante cessa una variazione in un senso e sta per cominciare la successiva variazione nell'altro senso, e detto P il primo estremo della linea L, avremo che, durante questa successiva variazione, il primo estremo della linea delle intensità magnetiche partirà da P e procederà con continuità verso O' o verso O'' secondo che la variazione stessa sarà in senso diretto o in senso inverso; ed, indicando con P' la posizione del primo estremo della linea delle intensità magnetiche in un istante qualunque del tempo in cui si effettua questa successiva variazione, e con P' V', P' V'' le rette condotte da P' parallele rispettivamente alle dimezzanti gli angoli O U U', O U U'', estese sino ad incontrare la U' U'', se la variazione che sta succedendo nell'azione magnetizzante sarà in senso diretto, la linea delle intensità magnetiche nel detto istante sarà costituita da quel tratto della P' V'' che riuscirà superiore alla L e da quel tratto della L che non sarà inferiore alla P' V', e se invece la detta variazione sarà in senso inverso, allora la linea delle intensità magnetiche in quell'istante sarà costituita da quel tratto della P' V'' che sarà inferiore alla L, e da quel tratto della L che non sarà superiore alla P' V''. »

E « qualunque sia la linea delle intensità magnetiche di una verga sotto un'azione magnetizzante, di senso diretto o inverso, od anche nulla, ed in seguito di azioni magnetizzanti e di azioni puramente smagnetizzanti alle quali sia stata in precedenza sotto-

posta la verga; indicata questa linea con L e con P il suo primo termine; se poi nell'azione magnetizzante si effettuerà una variazione in un senso, il primo estremo della linea delle intensità magnetiche partirà da P e procederà con continuità verso O' o verso O'' secondo che questo senso sarà diretto o inverso; e indicando con P' il punto della O' O'' in cui troverassi il detto primo estremo in un istante qualunque del tempo in cui si effettua la detta variazione, e con P' V', P' V'' le solite rette parallele alle dimezzanti gli angoli O U U', O U U''; se la variazione sarà in senso diretto, la linea delle intensità magnetiche in quell'istante sarà costituita da quel tratto, o da quei tratti, se mai ve ne potrà essere più d'uno, della P' V', che saranno superiori alla L, e da quei tratti della L che non saranno inferiori alla P' V'; e se invece la variazione stessa sarà in senso inverso, allora la detta linea sarà costituita da quei tratti della P' V'' che saranno inferiori alla L, e da quelli della L, che non saranno superiori alla P' V''. »

Queste proposizioni si ponno dimostrare, come ognun vede, coll'appoggio di quanto abbiamo stabilito ai §§. 9 e 10 del cap. VI e coi metodi usati ai §§. 1, 4 e 9 del presente capitolo.

Osservazione 1.ª Qui facilmente si comprende, e facilmente si può dimostrare, che la linea delle intensità magnetiche non può avere in verun caso parte alcuna esistente fuori del triangolo isoscele e rettangolo avente la ipotenusa nella U' U'' ed il vertice nel punto in cui trovasi il primo estremo della linea delle intensità magnetiche medesima.

Osservazione 2.ª In qualunque caso, allorchè l'azione magnetizzante sarà nulla, il magnetismo nella prima porzione omomagnetica della verga sarà inverso, diretto o nullo, secondo che il magnetismo sensibile della verga sarà diretto, inverso o nullo; e la intensità di quello sarà proporzionale alla grandezza di questo, come abbiam già osservato dover essere in un caso particolare (§. 16).

Osservazione 3.ª Se una verga verrà assoggettata ad un'azione magnetizzante diretta crescente sino a grado tale che, decrescendo poi essa sino ad annullarsi, diminuisca il magnetismo, od almeno giunga in procinto di diminuire, sin nell'ultima porzione omomagnetica *u* della verga, per cui la linea delle intensità magnetiche sarà una retta P″ V″ (fig. 3*b*) parallela alla dimezzante l'angolo O U U″; il magnetismo sensibile, che rimarrà nella verga, sarà il massimo magnetismo sensibile permanente di cui essa verga è suscettibile; la verga cioè riuscirà magnetizzata a saturazione. Ed infatti, perchè la verga non soggetta ad alcuna azione magnetizzante fosse dotata di magnetismo sensibile diretto maggiore di questo, dovrebbe per una parte il primo termine della linea delle intensità magnetiche essere inferiore al punto P″ (*Osservazione precedente*), e per un'altra parte, dovrebbe almeno qualche tratto della linea delle intensità magnetiche essere superiore alla P″ V″; le quali due condizioni non ponno riuscire soddisfatte simultaneamente a motivo della osservazione 1.ª

§. 19. Abbiamo già osservato al §. 11 del cap. VI che, quando una verga di sostanza magnetica si trova assoggettata ad un'azione magnetizzante che varia in un dato senso, nel medesimo senso deve variare anche il suo magnetismo sensibile. Ora, siccome una diminuzione nella tendenza estrinseca deve corrispondere, quanto all'effetto, ad una variazione dell'azione magnetizzante nel senso del magnetismo sensibile, ne viene di conseguenza che se il magnetismo sensibile non sarà nullo, esso dovrà crescere ogni volta che, arrestandosi dal variare l'azione magnetizzante, succederà una diminuzione della tendenza estrinseca. Alle sperienze, che riguardano questo proposito, e che abbiamo accennate ai §§. 2 e 5 di questo capitolo, si ponno aggiungere le seguenti.

Si uniscano in fascio due eguali parallelepipedi di ferro nuovi pel magnetismo e si presentino, disposti normalmente al meridiano magnetico e coi loro due assi in un medesimo piano orizzontale, sopra l'ago del magnetometro munito di due calamite dritte, una superiore, l'altra inferiore, e disposte come è indicato al più volte

citato §. 9 del cap. II. Si accosti poi molto il detto fascio alla verga superiore, così che andrà a soffrire un'azione magnetizzante piuttosto forte. Poi lo si abbassi, si ritiri e si capovolga, e lo si presenti quindi di nuovo sopra l'ago, ma molto basso e perciò distante dalla verga superiore, e così esso riuscirà soggetto ad un'azione magnetizzante inversa della precedente e molto più debole; e facilmente avverrà che la deviazione dell'ago mostri che il fascio conserva magnetismo nel senso della prima magnetizzazione. Sollevando allora a poco a poco il fascio la deviazione diminuirà, e presto diverrà nulla. Allora sarà nulla la tendenza estrinseca; ed, allontanando l'uno dall'altro i due parallelepipedi, l'ago rimarrà a zero, e rimarrà pure a zero riunendoli di nuovo. Se allora si abbassa il fascio, torna a prodursi una deviazione che indica nel fascio stesso magnetismo sensibile contrario a quello che tende a produrvi l'azione magnetizzante cui è sottoposto: e se in questa nuova posizione si allontanano un pochino i parallelepipedi l'uno dall'altro, la deviazione cresce, e cresce di più se si allontanano di più, e, riunendo poi i parallelepipedi decresce. Innalzando poi il fascio tanto che la deviazione dell'ago riesca opposta alla precedente, anche questa deviazione opposta cresce allontanando l'uno dall'altro i due parallelepipedi.

Se un simile fascio di due parallelepipedi si sottopone a parecchie magnetizzazioni; o tutte nello stesso senso, o alcune in un senso, altre nel senso opposto, analoghe a quelle delle sperienze precedenti, o almeno tali che possono ritenersi agire egualmente su entrambi i parallelepipedi; e si esplori poscia il fascio con un magnetometro ordinario, se esso produce una deviazione nell'ago, si osserva che questa cresce all'allontanare tra loro i due parallelepipedi, e se non produce deviazione nell'ago, esso non ne produce nemmeno scostando alquanto l'uno dall'altro i due parallelepipedi, che lo compongono. E qui avvertiremo che, se invece il fascio venga assoggettato a magnetizzazioni, le quali non tutte agiscano egualmente sui due parallelepipedi, ovvero se si magnetizzino separatamente e in diversi modi i due paralle-

pipedi e poi si riuniscano in fascio, può succedere benissimo che si ottengano risultati diversi dagli indicati.

Se, per esempio, si magnetizzi prima fortemente in un senso uno dei due parallelepipedi, poi si formi il fascio unendolo all'altro (e così il fascio presenterà magnetismo nel senso del magnetismo impresso al primo parallelepipedo), indi si magnetizzi debolmente e in senso contrario il fascio, o in modo da far scomparire la polarità in esso, o in modo da farla anche sorgere inversa, ma debole; si osserverà nel primo caso che, allontanando tra loro i due parallelepipedi, sorgerà magnetismo sensibile nel senso della forte magnetizzazione cui fu assoggettato il primo e ne persisterà anche riunendo di nuovo i due parallelepipedi; e nel secondo caso, allontanando a poco a poco i parallelepipedi tra loro, si osserverà scemare la grandezza del magnetismo sensibile, e in vari casi giungere esso ad annullarsi, od anco ad invertirsi.

Esporrò ancora tre teoremi nei tre seguenti paragrafi, coi quali porrò fine al presente capitolo.

§. 20. « Una verga nuova pel magnetismo venga assoggettata ad un'azione magnetizzante diretta crescente sino ad un determinato grado ϕ minore di quello pel quale il magnetismo giungerebbe in procinto di sorgere nella porzione omomagnetica della maggior forza coercitiva; e appelliamo α la grandezza a cui giungerà il magnetismo sensibile della verga. Decresca poi l'azione magnetizzante sino ad annullarsi, ed indichiamo con α' la grandezza del magnetismo sensibile rimanente. Rinnovata poi la verga pel magnetismo, od anche non rinnovata, venga sottoposta ad un'azione magnetizzante inversa crescente sino ad un determinato grado ϕ' maggiore di ϕ, la quale poi decresca sino ad annullarsi, e agisca quindi sulla verga un'azione magnetizzante diretta, la quale cresca sino al suddetto grado ϕ. Giunta l'azione magnetizzante a questo grado, potrà, secondo i casi, il magnetismo sensibile della verga essere inverso, o nullo, o diretto. Poniamo che sia diretto, e indichiamo con β la sua grandezza. Diminuisca poi l'azione ma-

gnetizzante e si annulli; ed il magnetismo sensibile rimanente potrà pure essere inverso, o nullo, o diretto. Poniamo che sia diretto ed indichiamone la grandezza con β'. Dico che sarà $a>\beta$, $a'>\beta'$ e inoltre sarà $a-\beta=a'-\beta'$. »

Dimostrazione. Sia rappresentata da PAU (fig. 12) la linea delle intensità magnetiche della verga, mentre è soggetta all'azione magnetizzante diretta, giunta al grado d'intensità ϕ nel primo caso; e sia P'DAU la linea delle intensità magnetiche quando è annullata la detta azione magnetizzante. Avremo $poa=a$, $poa-pdp'=a'$, $a-a'=pdp'$. Sia poi rappresentata da R'CU la linea delle intensità magnetiche sotto l'azione magnetizzante inversa giunta al suo più alto grado ϕ', e da QGCU la linea delle intensità magnetiche sotto l'azione magnetizzante diretta giunta al grado ϕ nel secondo caso, e da Q'FGCU la linea delle intensità magnetiche, annullata che sia per l'ultima volta l'azione magnetizzante. Avremo $qoh-hgc=\beta$, $qoh-hgc-qfq'=\beta'$, $\beta-\beta'=qfq'$.

Considerando l'equilibrio magnetico nella porzione o sotto l'azione magnetizzante diretta giunta al grado ϕ nei due casi, avremo le due equazioni

$$\phi=\mathrm{OP}+\tau.poa, \qquad \phi=\mathrm{OQ}+\tau.(qoh-hgc),$$

dalle quali ricavasi

$$\mathrm{OP}+\tau.poa=\mathrm{OQ}+\tau.(qoh-hgc).$$

Considerando ora la natura dei solidi qoh, poa, noi veggiamo che, se fosse $\mathrm{OQ}<\mathrm{OP}$, sarebbe $qoh<poa$, e se fosse $\mathrm{OQ}=\mathrm{OP}$ sarebbe $qoh=poa$; e che perciò in entrambi questi casi si avrebbe $qoh-hgc<poa$; mentre, a motivo della precedente equazione, dovrebbe essere $qoh-hgc>poa$ nel primo caso, e $qoh-hgc=poa$ nel secondo. Dovrà dunque essere necessariamente $\mathrm{OQ}>\mathrm{OP}$; e quindi, a motivo della stessa equazione,

$poa > qoh - hgc$, vale a dire $\alpha > \beta$, come dovevasi in. primo luogo dimostrare.

Considerando ora l' equilibrio magnetico nella porzione o e quando l' azione magnetizzante diretta riesce annullata per la prima volta, e quando riesce annullata per la seconde volta, avremo le due equazioni

$$OP' = \tau . (poa - pdp'), \qquad OQ' = \tau . (qoh - hgc - qfq'),$$

e, combinando queste colle due prime, ricavansi le due

$$\phi = PP' + \tau . pdp', \qquad \phi = QQ' + \tau . qfq', \qquad \text{dalle quali}$$

$$PP' + \tau . pdp' = QQ' + \tau . qfq'.$$

Riflettendo ora sulla natura dei due solidi pdp', qfq', noi veggiamo che il primo sarà minore, eguale o maggiore del secondo, secondo che la retta PP' sarà minore, eguale o maggiore della QQ'; laonde l' ultima equazione trovata esige che sia $PP' = QQ'$ e $pdp' = qfq'$, vale a dire, $\alpha - \alpha' = \beta - \beta'$. Dalla qual relazione, poichè α è maggiore di β, si deduce $\alpha' > \beta'$, come dovevasi dimostrare in secondo luogo; e si deduce anche $\alpha - \beta = \alpha' - \beta'$, come dovevasi dimostrare in ultimo luogo.

§. 21. « Una verga nuova pel magnetismo venga sottoposta ad un'azione magnetizzante diretta, la quale cresca con continuità. Dico che l'aumento, che il suo magnetismo sensibile subirà corrispondentemente al passaggio dell' azione magnetizzante da un grado ϕ ad un altro $\phi + \psi$, sarà minore di quello che subirà nel passaggio dell' azione magnetizzante dal grado $\phi + \psi$ al grado $\phi + 2\psi$, se però sotto l' azione magnetizzante giunta al grado ϕ non sarà ancor sorto, nè in procinto di sorgere magnetismo nella porzione u; in caso diverso quei due aumenti saranno eguali. »

Sia infatti PAU (fig. 13) la linea delle intensità magnetiche sotto l' azione magnetizzante giunta al grado ϕ, ritenuto che allora non sia ancor giunto in procinto di sorgere il magnetismo nella porzione u; e sieno P'A'U, P''A''U le linee delle intensità

magnetiche corrispondenti rispettivamente all' azione magnetizzante giunta al grado $\phi+\psi$ e all'azione stessa giunta al grado $\phi+2\psi$. La fig. 13 riguarda il caso che, nemmeno sotto l'azione magnetizzante giunta a quest' ultimo grado, sia sorto magnetismo nella u; ma il ragionamento che faremo, ha luogo egualmente in ogni caso.

Considerando l' equilibrio magnetico nei tre istanti ne' quali l'azione magnetizzante giunge ai tre gradi ϕ, $\phi+\psi$, $\phi+2\psi$, avremo le tre equazioni

$$\begin{aligned} \phi \quad &= \mathrm{OP} + \tau . p\, o a \ , \\ \phi + \ \psi &= \mathrm{OP'} + \tau . p'\, o a' \ , \\ \phi + 2\psi &= \mathrm{OP''} + \tau . p''\, o a'' \ ; \end{aligned}$$

sottraendo la prima dalla seconda, e la seconda dalla terza, avremo le due $\psi = \mathrm{P\,P'} + \tau . p\, a\, a'\, p'$, $\quad \psi = \mathrm{P'\,P''} + \tau . p'\, a'\, a''\, p''$, dalle quali

$$(1) \ldots . \ \mathrm{PP'} + \tau . p a a' p' = \mathrm{P'\,P''} + \tau . p' a' a'' p''.$$

Riflettendo ora sulla natura dei due solidi $p a a' p'$, $p' a' a'' p''$ si comprende che il primo di questi sarebbe necessariamente minore del secondo ove fosse $\mathrm{PP'}$ minore di $\mathrm{P'P''}$, od anche $\mathrm{PP'}$ eguale a $\mathrm{P'P''}$; mentre d'altra parte, a motivo della equazione (1), dovrebbe essere il primo solido maggiore del secondo se $\mathrm{PP'} < \mathrm{P'P''}$, eguale al secondo se $\mathrm{PP'} = \mathrm{P'P''}$. Laonde $\mathrm{PP'}$ non potrà essere che maggiore di $\mathrm{P'P''}$, e quindi, a motivo della (1), sarà $p a a' p' < < p' a' a'' p''$; dunque ecc.

Supponiamo ora che il grado ϕ sia tale che, giunta ad esso l'azione magnetizzante, il magnetismo sia sorto nella porzione u, o in procinto di sorgere.

Sieno PV, $\mathrm{P'V'}$, $\mathrm{P''V''}$ le tre linee delle intensità magnetiche sotto l'azione magnetizzante giunta ai tre gradi ϕ, $\phi+\psi$, $\phi+2\psi$. Collo stesso procedimento, col quale abbiamo ottenuta la (1) nel precedente caso, noi otteniamo in questo caso la

$$(2) \ldots . \ \mathrm{PP'} + \tau . p v v' p' = \mathrm{P'\,P''} + \tau . p' v' v'' p''.$$

Considerando la natura dei due solidi $p v v' p'$, $p' v' v'' p''$, si comprende che la eguaglianza, o la diseguaglianza in qualunque senso, delle due rette $P P'$, $P' P''$ importa rispettivamente la eguaglianza, o la diseguaglianza nello stesso senso, di quei due solidi, e quindi anco dei due membri della equazione (2); laonde, sussistendo essa, dovrà necessariamente essere $P P' = P' P''$ e $p v v' p = = p' v' v'' p''$. Dunque ecc.

§. 22. « Una verga nuova pel magnetismo venga assoggettata ad una azione magnetizzante diretta la quale, partendo da zero, giunga ad un determinato grado ϕ, crescendo con continuità. Se dopo ciò avverrà nell' azione magnetizzante una variazione in senso diretto di determinata grandezza ψ (intendo sempre *con continuità*), succederà nel magnetismo sensibile della verga una variazione in senso diretto di una certa grandezza, che indico con α, e se in seguito succederà nell' azione magnetizzante una variazione della stessa grandezza ψ, ma in senso inverso, così che essa ritorni al grado ϕ, persisterà una parte della variazione α, la quale indico con α'. Se invece, giunta l' azione magnetizzante al grado ϕ, avverrà in essa una variazione in senso inverso e di quella stessa grandezza ψ, avverrà nel magnetismo sensibile della verga una variazione in senso inverso, la cui grandezza indico con β; e se in seguito avverrà nell' azione magnetizzante una variazione in senso diretto e della stessa grandezza ψ, così che essa azione torni al grado ϕ, potrà darsi, o che il magnetismo sensibile torni allo stato primitivo (secondo ciò che si è osservato al principio del §. 10), o che invece persista una parte della avvenuta variazione in senso inverso (come può dedursi dal §. 20); in altri termini: la parte residua della variazione in senso inverso, in alcuni casi sarà nulla, in altri no. Questa parte chiamiamola β'. Dico che sarà $\alpha > \beta$, $\alpha' > \beta'$ ».

Chiameremo L la linea delle intensità magnetiche corrispondente all' azione magnetizzante cresciuta per la prima volta sino al grado ϕ in senso diretto; L_1 la linea delle intensità magnetiche allorchè sia avvenuta la variazione di grandezza ψ in senso di-

retto, ed L_2 quella linea delle intensità magnetiche che corrisponde all' azione magnetizzante ritornata poi al grado ϕ; e chiameremo L_3 la linea delle intensità magnetiche corrispondente all' azione magnetizzante che crebbe da prima sino al grado ϕ in senso diretto, indi subì la variazione di grandezza ψ in senso inverso; e in fine chiameremo L_4 la linea delle intensità magnetiche corrispondente all' azione magnetizzante ritornata al grado ϕ dopo la detta variazione in senso inverso.

Considereremo tre casi.

1.° Supponiamo che, quando l' azione magnetizzante diretta giunge per la prima volta al grado ϕ, non sia sorto nè in procinto di sorgere magnetismo nella porzione u, e che sia $\psi < \phi$.

La linea L, che avrà un tratto nella O U, sia rappresentata in P A U (fig. 15) e la L_1 sia rappresentata in Q B U (*) e la L_2 sia rappresentata in Q' F B U. Essendo $\psi < \phi$, il primo tratto della L_3 (parallelo alla dimezzante l' angolo O U U'') incontrerà necessariamente la retta P A tra P ed A, e noi lo rappresenteremo in R D. E la L_4 in questo caso coinciderà colla L e sarà $\beta' = o$, come ognuno può facilmente dimostrare.

Riflettiamo ora che, avendo luogo nella porzione o l' equilibrio magnetico tanto quando la linea delle intensità magnetiche è la L, come quando essa si è cambiata nella L_1 ossia Q B U, dovrà il valore ψ della variazione in senso diretto dell' azione magnetizzante, alla quale variazione corrisponde il detto cambiamento della linea delle intensità magnetiche, eguagliare la somma dei valori delle variazioni in senso inverso che in corrispondenza avvengono nelle due tendenze; avremo cioè

$$\psi = \mathrm{PQ} + \tau . p a b q .$$

(*) Così supponiamo che anche la L_1 abbia un tratto nella O U; ma il ragionamento procede quasi egualmente anco se si suppone che la L_1 sia tutta superiore alla O U.

Così pure, avendo luogo l' equilibrio magnetico nella stessa prima porzione, tanto quando la linea delle intensità magnetiche è la L, come quando essa è passata allo stato L_3, cioè RDAU, dovrà essere la somma delle variazioni in senso inverso, che in questo passaggio avvengono nelle forze sollecitanti il magnetismo in detta porzione, eguale alla somma delle variazioni in senso diretto; cioè

$$\psi = PR + \tau . pdr.$$

Da queste due equazioni ricavasi

$$PQ + \tau . pabq = PR + \tau . pdr.$$

E siccome il solido *pabq* è maggiore manifestamente di *pdr* tanto se PQ è maggiore di PR, come se è uguale a PR, così la ottenuta equazione esige che sia $PQ < PR$, e quindi $pabq > pdr$, ossia $\alpha > \beta$.

Abbiamo poi, dal §. 8, $qob - qfq'$ (valore del magnetismo sensibile, mentre l' azione magnetizzante giunge, decrescendo, al valore ϕ) maggiore di poa; e perciò $pabq > qfq'$, onde $pabq - qfq'$, cioè α' non è zero, ma quantità positiva. E poichè, nel caso che consideriamo, è $\beta' = o$, sarà $\alpha' > \beta'$ (*)

2.° Se il grado ϕ è tale che, quando l' azione magnetizzante diretta vi giunge per la prima volta, sia sorto, o in procinto di

(*) Qui si può dimostrare $\alpha - \alpha' = \beta$. Riflettendo che nella porzione o si conserva l' equilibrio magnetico tanto al passaggio della linea delle intensità magnetiche dallo stato L_1, ossia QBU, allo stato L_2, ossia Q'FBU, quanto al passaggio dallo stato L, ossia PAU, allo stato L_3, ossia RDAU, si deducono due equazioni, dalle quali ricavasi la

$$QQ' + \tau . qfq' = PR + \tau . pdr,$$

la quale, siccome qfq' è minore, uguale o maggiore di pdr secondo che QQ' è minore, uguale o maggiore di PR, richiede che sia $qfq' = pdr$, cioè $\alpha - \alpha' = \beta$.

sorgere magnetismo nella porzione u, allora la L_4 coincider deve colla L tanto se ψ è minore di ϕ (§. 10), come se ne è maggiore od eguale (come si comprende facilmente, avendo presente ciò che si disse al §. 15). E con procedimento analogo al precedente, si arriva, anche per questo caso, alle stesse conclusioni.

3.° Supponiamo in fine che, essendo il grado ϕ tale che, quando l' azione magnetizzante diretta vi è giunta per la prima volta, non sia sorto nè in procinto di sorgere il magnetismo nella porzione u, sia poi la ψ maggiore di ϕ.

La linea L sia rappresentata in PAU (fig. 16): la L_1 sia costituita dalla retta QW, e la L_2 dalla spezzata Q'FW. La L_3 sia rappresentata in RCU e la L_4 in R'HCU. Con ciò noi ci restringiamo a considerare uno dei diversi casi che ponno presentare le quattro linee L_1, L_2, L_3, L_4; ma sarà facile persuadersi che con procedimento analogo a quello che siamo per tenere relativamente a questo caso, si giunge alle stesse conclusioni in qualunque altro.

Per la conservazione dell' equilibrio magnetico nella porzione o corrispondentemente al passaggio della linea delle intensità magnetiche dallo stato L allo stato L_1, da considerazioni analoghe a quelle fatte pel precedente caso 1.° si deduce dover essere

$$\psi = PQ + \tau . pauwq ,$$

e per la conservazione dell' equilibrio magnetico nella stessa porzione o corrispondentemente al passaggio della linea delle intensità magnetiche dallo stato L allo stato L_3, dover essere

$$\psi = PR + \tau . pacr .$$ Onde avrassi

$$PQ + \tau . pauwq = PR + \tau . pacr .$$

Se fosse PQ non minore di PR, a motivo di questa equazione dovrebb' essere $pauwq$ non maggiore di $pacr$, mentre, per la natura di questi due solidi, dovrebbe invece essere $pauwq$ maggiore di $pacr$. Sarà dunque necessariamente $PQ < PR$, e quindi a motivo della stessa equazione sarà $pauwq > pacr$, cioè $\alpha > \beta$.

Infine, per la conservazione dell' equilibrio nella porzione o corrispondentemente al passaggio della linea delle intensità magnetiche dallo stato L_1 allo stato L_2, e corrispondentemente al passaggio di essa dallo stato L_3 allo stato L_4, devono aver luogo le due equazioni

$$\psi = QQ' + \tau . qfq', \qquad \psi = RR' + \tau . rhr';$$

dalle quali deducesi la

$$QQ' + \tau . qfq' = RR' + \tau . rhr'.$$

La quale equazione, siccome, per la natura de' solidi qfq', rhr', è qfq' minore, uguale o maggiore di rhr' secondo che è QQ' minore, uguale o maggiore di RR', importa di necessità che sia $qfq' = rhr'$, ossia $\alpha - \alpha' = \beta - \beta'$; e poichè è $\alpha > \beta$, sarà anco $\alpha' > \beta'$.

Io vidi confermato il teorema di questo paragrafo in alcune sperienze, che non riporto per brevità, riservandomi di far conoscere in altra occasione i risultati di sperienze più regolari che ho in progetto di fare sullo stesso proposito.

Osservazione 1.ª Dopo ciò che abbiamo dimostrato nel presente paragrafo, si comprende potersi anche dimostrare che: se la verga, in precedenza nuova pel magnetismo, si troverà assoggettata ad un' azione magnetizzante la quale, dopo di aver variato con continuità ora in un senso ora nell' altro, sia giunta ad un dato grado ϕ, di senso diretto o di senso inverso, succedendo poi in essa una ulteriore variazione di determinata grandezza che chiamo ψ, o nel senso dell' ultima variazione avvenuta o nel senso opposto, e chiamando α, e β le due variazioni del magnetismo sensibile corrispondenti a questi due casi, e chiamando anco α', β' le parti delle due variazioni α, β che persisterebbero nei due casi ove l' azione magnetizzante ritornasse poi al grado ϕ variando con continuità e sempre in un senso; purchè la ψ non superi una certa grandezza, dovrà riuscire $\alpha > \beta$, $\alpha' > \beta'$.

Osservazione 2.ª Riflettendo sul ragionamento col quale abbiamo testè dimostrato essere $\alpha - \alpha' = \beta - \beta'$, analogo a quello usato nell' annotazione apposta al primo dei tre casi considerati nella precedente dimostrazione, ed anco a quello usato al §. 20 per dimostrare la stessa eguaglianza secondo il significato che colà avevano le $\alpha, \alpha', \beta, \beta'$, si concepisce potersi egualmente dimostrare il seguente principio generale:

« Ogni volta che nell' azione magnetizzante cui sia assoggettata una data verga, avvenga con continuità ed in qualunque dei due sensi una variazione di una medesima grandezza, e la variazione che per questo avverrà nella linea delle intensità magnetiche consista in ciò: che un tratto di retta parallela alla dimezzante l' angolo O U U', ovvero l' angolo O U U'', posto al principio della linea delle intensità magnetiche primitiva, cioè avente un termine nella O' O'', venga sostituito da un tratto di retta parallela alla dimezzante l' angolo O U U'', ovvero l'angolo O U U' rispettivamente; la grandezza della corrispondente variaziono del magnetismo sensibile della verga sarà sempre la medesima ».

Capitolo IX.

Fenomeni che può presentare una verga, la quale sia stata assoggettata a due successive azioni magnetizzanti tra loro contrarie.

§. 1. Una verga nuova pel magnetismo venga assoggettata ad un' azione magnetizzante agente in un senso, che appellerò diretto, la quale azione, partendo da zero, cresca con continuità sino ad un grado, che indico con ϕ, indi decresca con continuità sino ad annullarsi. Sorga poi ad agire sulla verga stessa un'azione magnetizzante inversa, la quale cresca con continuità sino ad un altro grado ψ, indi decresca sino ad annullarsi; e questo grado ψ sia tale che la verga dopo ciò rimanga priva di magnetismo sensibile. Dico che un' azione puramente smagnetizzante non troppo forte, che vada allora ad agire sulla verga, farà sorgere in essa magnetismo sensibile diretto.

Infatti, la linea delle intensità magnetiche delle diverse porzioni omomagnetiche della verga così preparata, sarà analoga o alla OKFAU, o alla OK'F'V, ovvero alla OK''V'' (fig. 10); ed, essendo nullo il magnetismo sensibile, sarà pure nulla la tendenza estrinseca, e perciò, in ogni porzione omomagnetica della verga, il magnetismo sarà sollecitato a variare dalla sola tendenza intrinseca, la quale lo sollecita in senso diretto nelle porzioni nelle quali esso è inverso, e lo sollecita in senso inverso in quelle nelle quali è diretto. Nelle porzioni pertanto, alle quali corrisponde il tratto OK di detta linea, ovvero l' OK', ovvero l' OK'', essendo la tendenza intrinseca eguale alla forza coercitiva, il magnetismo sarà in procinto di variare in senso diretto. Inoltre, nelle porzioni, alle quali nella linea delle intensità magnetiche corrispondono punti del tratto KG, ovvero del K'G, ovvero del K''G'', prossimi al punto K, ovvero K', ovvero K'', essendo la tendenza intrinseca poco minore della forza coercitiva, il magnetismo sarà

poco lontano dall' essere in procinto di variare in senso diretto: ma nelle porzioni alle quali corrispondono punti del tratto K G, ovvero ecc., più lontani dal punto K, ovvero ecc., il magnetismo, che pur tenderà a variare in senso diretto, sarà però più lontano dall' esserne in procinto. In fine, nelle porzioni alle quali corrispondono nella linea delle intensità magnetiche punti appartenenti al tratto G F A, ovvero G′ F′ V, ovvero G″ V″, il magnetismo tenderà a variare in senso inverso; ma, essendo, in quelle che corrispondono al tratto G F, ovvero G′ F′, ovvero G″ V″, l' eccesso della forza coercitiva sulla tendenza intrinseca eguale ad O G, ovvero ad O G′, ovvero ad O G″, e nelle rimanenti maggiore, il magnetismo in tutte queste porzioni sarà alquanto lontano dall' essere in procinto di variare nel senso in cui tende. É quindi manifesto che considerazioni analoghe a quelle dei §§. 3, 6 e 11 del capitolo precedente condurranno a conchiudere che un'azione puramente smagnetizzante non eccedente un certo grado di forza, la quale vada ad agire sulla verga, dovrà produrre un innalzamento della linea delle intensità magnetiche in un tratto circostante al punto K, ovvero al K′, ovvero al K″, lasciandola inalterata nelle parti corrispondenti a forze coercitive maggiori, ciò che darà luogo ad una variazione in senso diretto del magnetismo sensibile della verga cioè ad una comparsa in essa di magnetismo sensibile diretto.

Qui osserveremo che un' azione puramente smagnetizzante forte al punto necessario per render temporariamente nulla la forza coercitiva in tutte quelle porzioni omomagnetiche della verga che sono dotate di magnetismo, ridurrebbe a zero tutto il magnetismo intrinseco della verga stessa, e la lascierebbe quindi priva di magnetismo sensibile. Invece un' azione puramente smagnetizzante meno forte della supposta, non giungendo ad annullare la forza coercitiva in tutte le porzioni suddette della verga, ma soltanto in alcune dotate di forze coercitive minori di quelle delle altre, e riducendo temporariamente queste altre a forze coercitive minori delle loro naturali, ma graduate nello stesso senso

e per differenze proporzionali o presso che proporzionali a quelle delle naturali forze coercitive medesime; è manifesto che dovrà occasionare nelle porzioni dotate di magnetismo inverso una diminuzione di magnetismo maggiore in complesso di quella a cui darà luogo nelle porzioni dotate di magnetismo diretto, e perciò dovrà far sorgere nella verga magnetismo sensibile diretto. Ed è quindi naturale che, ove si andasse ad agire sulla verga con azioni puramente smagnetizzanti successive, minima la prima, e le altre di mano in mano crescenti per gradi minimi sino al grado primieramente supposto, sorgerebbe in essa verga magnetismo sensibile diretto, che andrebbe crescendo sino ad un certo punto, poi decrescerebbe sino ad annullarsi.

§. 2. Supponiamo ancora, come nel paragrafo precedente, che la verga, nuova pel magnetismo, venga assoggettata a due azioni magnetizzanti successive, la prima diretta, la seconda inversa, ma che il grado ψ cui giunge la seconda sia tale che, cessata questa, la verga rimanga dotata di magnetismo sensibile diretto. Se sulla verga così preparata si agirà con una azione puramente smagnetizzante, la quale non giunga ad un certo grado di forza, il magnetismo sensibile della verga dovrà riuscirne aumentato, come evidentemente può dedursi da considerazioni analoghe a quelle indicate nel paragrafo precedente. Ma si osservi che, a parità di grandezza del grado φ raggiunto dalla prima azione magnetizzante, ove minore sia stato il grado ψ raggiunto dalla seconda, minore sarà la quantità di quelle porzioni omomagnetiche, nelle quali, cessata la seconda azione magnetizzante, il magnetismo resta in procinto di variare in senso diretto, e più numerose saranno le porzioni dotate di magnetismo diretto, ed in queste il magnetismo sarà meno lontano dall' essere in procinto di variare in senso inverso; laonde più piccolo dovrà essere il grado dell' azione puramente smagnetizzante acciocchè essa occasioni l' aumento del magnetismo sensibile, ossia la sua variazione in senso diretto; e questa variazione non potrà riuscir grande tanto quanto lo può nei casi di ψ maggiore: qualora invece il grado ψ sia

stato maggiore, più grande potrà essere il grado dell' azione puramente smagnetizzante e verificarsi la variazione del magnetismo sensibile in senso diretto, e più grande potrà riuscire questa variazione. Per cui la massima variazione in senso diretto, che si potrà produrre nella verga, preparata come si è supposto, assoggettandola ad una serie di azioni puramente smagnetizzanti, minima la prima e le altre di mano in mano crescenti per gradi minimi, sarà più grande quando il grado ψ della seconda azione magnetizzante sarà stato maggiore; e perciò, più grande che in tutti i casi che attualmente consideriamo, lo sarà nel caso contemplato nel paragrafo precedente, nel caso cioè in cui il grado ψ della seconda azione magnetizzante sia stato tale da lasciare la verga priva di magnetismo sensibile.

§. 3. Venendo ora a considerare i casi in cui il grado ψ dell' azione magnetizzante inversa sia maggiore anco di quello occorrente per quest' ultimo effetto, e perciò tale da lasciare la verga dotata di magnetismo sensibile inverso, è manifesto che la variazione in senso diretto, che nel magnetismo sensibile della verga potrà essere prodotta dalle azioni puramente smagnetizzanti, sarà anco maggiore; e si concepisce quindi che, almeno se il suddetto magnetismo sensibile inverso sarà minore di un certo grado, dovrà la detta variazione in senso diretto dar luogo non solo all' annullamento del magnetismo sensibile inverso, ma anco a sorgimento di magnetismo sensibile diretto.

I risultati teorici di questi tre paragrafi concordano pienamente coi risultati delle sperienze del prof. Stefano Marianini.

§. 4. Riteniamo, come al §. 1, che il grado ψ dell' azione magnetizzante inversa sia stato tale da lasciare la verga priva di magnetismo sensibile. La verga così preparata venga assoggettata ad un' azione magnetizzante diretta, la quale partendo da zero cresca con continuità sino ad un dato grado ω, indi decresca sino ad annullarsi. Noi dimostreremo che, se il grado ω sarà minore di un certo limite, 1.° sotto questa azione giunta al grado ω, il magnetismo sensibile della verga sarà maggiore di quello che avrebbe

luogo se essa non fosse stata in precedenza preparata come si è supposto, ma fosse stata nuova pel magnetismo; 2.° annullata che sarà questa azione magnetizzante diretta, la verga rimarrà dotata di un grado di magnetismo sensibile diretto maggiore di quello di cui rimarrebbe dotata se non fosse stata in precedenza preparata come si è supposto, ma fosse invece stata nuova pel magnetismo.

Sia infatti OKCAU (fig. 17*a*) ovvero OKV (fig. 17*b*) la linea delle intensità magnetiche della verga preparata come si è supposto. Nel caso che il grado ϕ, cui giunse la prima azione magnetizzante sia stato tale che quell' azione non abbia fatto sorgere magnetismo in alcune porzioni omomagnetiche di maggiori forze coercitive, al qual caso si riferisce la figura 17*a*, riterremo che ω sia minore di ϕ; e nell' altro caso riterremo ω non grande al punto che, sotto la terza azione magnetizzante cresciuta sino al grado ω, la linea delle intensità magnetiche sia costituita da una sola retta parallela alla dimezzante l' angolo OUU'.

Sia PFCAU (fig. 17*a*), PFV (fig. 17*b*), la linea delle intensità magnetiche sotto la terza azione magnetizzante giunta al grado ω; e chiamiamo α il grado corrispondente di magnetismo sensibile della verga: e sia QB (fig. 17*a*), QW (fig. 17*b*), la linea delle intensità magnetiche, sotto la terza azione magnetizzante giunta allo stesso grado ω, nel caso che la verga non sia stata in precedenza assoggettata a veruna azione magnetizzante; e chiamiamo β il corrispondente grado di magnetismo sensibile. Sia P'HFCAU (fig. 17*a*), P'HFV (fig. 17*b*), la linea delle intensità magnetiche dopo annullata l' azione magnetizzante diretta giunta al grado ω, nel caso della verga preparata, e chiamiamo α il grado del magnetismo sensibile rimanente (*). Sia infine Q'IBU (fig. 17*a*), Q'IW (fig. 17*b*), la linea delle intensità magnetiche dopo annullata la stessa azione magnetizzante nel caso della verga non pre-

(*) È manifesto che il tratto P'K deve rimanere dalla banda superiore della retta che passa pei punti K, F.

parata, e si chiami β' il grado di magnetismo sensibile rimanente in questo caso. Noi dimostreremo essere $\alpha > \beta$, ed $\alpha' > \beta'$.

Per l'equilibrio magnetico nella prima porzione omomagnetica nell'atto che la terza azione magnetizzante ha raggiunto il grado ω, nel caso della verga preparata, avremo la equazione

$\omega = \mathrm{OP} + \tau . \alpha$, e nel caso della verga nuova avremo la $\omega = \mathrm{OQ} + \tau . \beta$, dalle quali ricavasi

$$\mathrm{OP} + \tau . \alpha = \mathrm{OQ} + \tau . \beta .$$

Ora, relativamente ad entrambe le figure, è $\alpha = opfk$, e ciò anche se il punto F riuscisse inferiore alla OU; e relativamente alla fig. 17*a*, è $\beta = qbo$, relativamente alla 17*b*, è $\beta = qwuo$; quindi ognuno vede che, se fosse $\mathrm{OP} > \mathrm{OQ}$, od $\mathrm{OP} = \mathrm{OQ}$, sarebbe necessariamente $\alpha > \beta$; mentre d'altra parte, in grazia della precedente equazione, dovrebb' essere rispettivamente $\alpha < \beta$, od $\alpha = \beta$. Dunque sarà $\mathrm{OP} < \mathrm{OQ}$ e quindi, a motivo della stessa equazione, sarà $\alpha > \beta$.

Osserviamo ora che, all'annullarsi della terza azione magnetizzante nel caso della verga preparata, il cambiamento che avviene nella linea delle intensità magnetiche consiste in ciò, che al tratto PH di retta parallela alla dimezzante l'angolo OUU' viene sostituito il tratto P'H di retta parallela alla dimezzante l'angolo OUU''; e all'annullarsi della stessa azione nel caso della verga nuova pel magnetismo, al tratto QI di retta parallela alla dimezzante l'angolo OUU', viene sostituito il tratto Q'I di retta parallela alla dimezzante l'angolo OUU''. Dunque, pel principio stabilito alla fine del precedente capitolo, sarà $\alpha - \alpha' = \beta - \beta'$; e poichè è $\alpha > \beta$, sarà anche $\alpha' > \beta'$.

§. 5. Consideriamo ancora una verga, la quale, nuova in precedenza pel magnetismo, sia stata poi assoggettata a due successive azioni magnetizzanti, diretta la prima e giunta sino ad un

certo grado φ, inversa la seconda e giunta sino ad un grado ψ tale che, essendosi poi annullata quest'azione, la verga sia rimasta priva di polarità. Dico che, se la verga così preparata venga assoggettata ad un'azione magnetizzante inversa, la quale cresca sino ad un certo grado ω minore di φ e minore di quello che si richiede per far giungere il magnetismo in procinto di sorgere nella ultima porzione omomagnetica u della verga, questa, sotto tale azione, assumerà un magnetismo sensibile inverso di grandezza minore di quello, che sotto la stessa azione assumerebbe, se fosse nuova pel magnetismo; e dico inoltre che, annullandosi poi tale azione magnetizzante inversa, il magnetismo sensibile rimanente nella verga sarà nullo od inverso, secondo che ω sarà non maggiore ovvero maggiore di ψ; e sempre questo magnetismo sensibile rimanente sarà minore di quello che avrebbe luogo se la verga non fosse stata preparata come si è supposto, ma fosse stata invece nuova pel magnetismo.

Sia OKCV (fig. 18*a*, e fig. 18*b*) la linea delle intensità magnetiche della verga preparata come si è supposto. Sia prolungata la CK sino ad N suo incontro colla OO″, ed NCV sarà lo stato in cui trovavasi la linea delle intensità magnetiche allorchè la seconda azione magnetizzante aveva raggiunto il suo più alto grado ψ. Sia P il primo termine della linea delle intensità magnetiche quando la terza azione magnetizzante giunge al suo più alto grado ω; e ognun vede che, per le condizioni d'equilibrio magnetico nella porzione o, dovrà P coincidere con N, se sarà $\omega = \psi$, dovrà P essere superiore ad N se sarà $\omega < \psi$ (fig. 18*a*), e dovrà P essere inferiore ad N se sarà $\omega > \psi$ (fig. 18*b*). Considereremo in primo luogo il caso di $\omega < \psi$, ed in secondo luogo quello di $\omega > \psi$. Il caso di $\omega = \psi$ si tratta come quello di $\omega < \psi$.

1.° *Caso.* Si conduca PF (fig. 18*a*) parallela alla dimezzante l'angolo OUU″; e PFKCV sarà la linea delle intensità magnetiche nell'atto che la terza azione magnetizzante, venuta ad agire sulla verga preparata, avrà raggiunto il suo più alto

grado ω; e, detta α la quantità di magnetismo sensibile inverso posseduto allora dalla verga, sarà $\alpha = ofp$. Sia poi rappresentata da QBU la linea delle intensità magnetiche sotto questa stessa azione giunta allo stesso grado ω, nel caso della verga non preparata, ma nuova pel magnetismo; e, detta β la corrispondente quantità di magnetismo sensibile, sarà $\beta = qbo$.

Riflettendo che, e nel caso della verga preparata e nel caso della verga nuova, deve aver luogo l'equilibrio magnetico nella porzione o sotto l'azione magnetizzante, che diciamo terza, giunta al grado ω, noi deduciamo le due equazioni:

$$\omega = \mathrm{OP} + \tau . ofp, \quad \omega = \mathrm{OQ} + \tau . obq, \text{ e quindi}$$

$$\mathrm{OP} + \tau . ofp = \mathrm{OQ} + \tau . obq.$$

Se fosse $\mathrm{OP} < \mathrm{OQ}$ od $\mathrm{OP} = \mathrm{OQ}$, il solido ofp sarebbe una parte del solido obq, mentre a motivo di questa equazione dovrebbe essere $ofp > obq$ ovvero $ofp = obq$. Sarà pertanto necessariamente $\mathrm{OP} > \mathrm{OQ}$, e quindi, per la stessa equazione, $ofp < obq$, cioè $\alpha < \beta$.

È poi manifesto che, all'annullarsi della terza azione magnetizzante nel caso della verga preparata, deve la linea delle intensità magnetiche ritornare allo stato OKCV, ed il magnetismo sensibile ridursi di nuovo a zero; mentre nell'altro caso il magnetismo sensibile inverso diminuirà soltanto sino ad un certo grado, ma non giungerà ad annullarsi.

Osservazione. Detto β' questo grado, pel principio stabilito alla fine del capitolo precedente, avremo $\alpha = \beta - \beta'$; vale a dire: la quantità di magnetismo sensibile sotto l'azione magnetizzante inversa giunta al grado ω nel caso della verga preparata, sarà eguale alla analoga quantità di magnetismo sensibile nel caso della verga nuova, meno la quantità di magnetismo sensibile rimanente in questo caso dopo annullata l'azione magnetizzante. Ecco un'esperimento a ciò relativo.

Nell' apparecchio magnetometro indicato al §. 9 del capitolo II, le due calamite dritte, una superiore l' altra inferiore, erano distanti dall' ago 130 millimetri circa; ed era stabilita una grondaja piatta superiormente all' ago e distante 18 millimetri da esso. Preso un cilindretto di ferro dolce lungo 84 millimetri e grosso 6, nuovo pel magnetismo, lo accostai al mezzo della verga superiore, di fianco e parallelo ad essa, sino ad un millimetro circa di distanza, e così lo assoggettai ad un' azione magnetizzante agente su di lui in un senso, che dirò diretto. Poi lo allontanai e lo presentai alla stessa verga capovolto, onde assoggettarlo ad un' azione magnetizzante inversa, e lo accostai tanto che, rimosso quindi ed esplorato ad un magnetometro ordinario, non ne deviava l' ago; nel che riuscii dopo alcuni tentativi, ed avendolo dovuto accostare alla verga a meno di 50 millimetri di distanza. Condussi il cilindretto, così preparato, a riposare sulla grondaja del magnetometro munito delle due calamite dritte, disposto in modo che l'azione magnetizzante, che allora veniva ad esercitarsi su esso, riuscisse inversa; e feci in modo che vi giungesse con movimento di traslazione orizzontale e parallelo al meridiano magnetico. L' ago del magnetometro andò allora a deviare di 17° 30' nel debito verso. Il grado cui giunge l' azione magnetizzante, alla quale attualmente trovasi assoggettato il cilindretto, riguardiamolo come analogo all' ω; ed avremo che in questo caso la quantità di magnetismo sensibile analoga alla α viene indicata da 17° 30' di deviazione dell' ago.

Preso via il cilindretto, ed esplorato coll' altro magnetometro, fu trovato tuttora privo di magnetismo sensibile. Rinnovatolo poi al magnetismo, lo ricondussi nel suindicato modo sulla grondaia del magnetometro munito delle due calamite dritte, e l' ago andò a deviare di 25°, nel debito senso. Nel presente sperimento pertanto la quantità di magnetismo sensibile analoga alla β viene indicata da una deviazione di 25°.

Rimovendo poi coi convenienti riguardi il cilindretto dalla grondaja, lo ho sottratto dall'azione magnetizzante, ed il grado di ma-

gnetismo sensibile che gli rimaneva, era l'analogo al β'. Io doveva verificare se questo, aggiunto a quello analogo ad α, cui corrispondeva una deviazione di 17° 30′, desse la quantità di magnetismo analoga alla β, cioè corrispondente a 25° di deviazione. Per tale verificazione bastava provare se il cilindretto stesso, collocato che fosse nel solito modo sulla grondaja e tuttora dotato dello stesso magnetismo sensibile rimanente, fosse atto a portare da 17° 30′ a 25° la deviazione dell'ago. Pertanto io ho rimosse dal magnetometro le due calamite dritte ed ho posta sotto la scatola del magnetometro una asticella di ferro dolce magnetizzata in modo che teneva l'ago deviato di 17° 30′ nel senso delle precedenti prove. Collocai allora sulla grondaja un cilindretto simile a quello della sperienza, ma nuovo pel magnetismo, e l'ago non si mosse. Rimosso questo dalla grondaja e sostituitovi quello della sperienza, rivolto nel debito senso, la deviazione dell'ago crebbe, e riuscì appunto di 25°.

2.° *Caso.* Prendiamo ora a considerare il caso di $\omega > \psi$. Si conduca dal punto P, che sarà inferiore al punto N, (fig. 18*b*) la parallela alla dimezzante l'angolo OUU″, la quale incontrerà la spezzata CVU in un punto H, che nella figura cade nel tratto CV; e PHV sarà la linea delle intensità magnetiche sotto la terza azione magnetizzante giunta al grado ω, nel caso della verga preparata. E detta α la corrispondente quantità di magnetismo sensibile, sarà $\alpha = opi - ihvu$.

Sia poi rappresentata da QBU la linea delle intensità magnetiche sotto la stessa azione magnetizzante giunta al grado ω nel caso della verga non preparata, ma nuova pel magnetismo; e detta β la corrispondente quantità di magnetismo sensibile, avremo $\beta = obq$.

L'equilibrio magnetico nella porzione o in queste due circostanze esige la sussistenza delle due equazioni

$$\omega = \mathrm{OP} + \tau . \alpha, \quad \omega = \mathrm{OQ} + \tau . \beta, \quad \text{dalle quali}$$

$$\mathrm{OP} + \tau . \alpha = \mathrm{OQ} + \tau . \beta.$$

Se fosse $OP < OQ$ od $OP = OQ$, sarebbe rispettivamente $opi < oqb$ ovvero $opi = oqb$; ed in ogni caso, $opi - ihvu < oqb$, cioè $\alpha < \beta$; mentre d'altra parte, a motivo della dimostrata equazione, dovrebbe essere $\alpha > \beta$, ovvero $\alpha = \beta$. Dunque sarà $OP > OQ$, e quindi $\alpha < \beta$.

Indicando finalmente con α' la quantità di magnetismo sensibile rimanente nella verga all'annullarsi della terza azione magnetizzante nel caso della verga preparata, e con β' l'analoga quantità nel caso della verga nuova, noi avremo (cap. prec. §. 22, osservazione 2.ª) $\alpha - \alpha' = \beta - \beta'$, e quindi $\alpha' < \beta'$.

§. 6. I risultamenti teorici dei due paragrafi precedenti, per ciò che riguarda la maggiore o minor dose di magnetismo sensibile rimanente nella verga dopo cessata la terza azione magnetizzante, concordano con quelli delle sperienze del prof. Stefano Marianini sulle alterazioni di suscettibilità a magnetizzarsi prodotte nel ferro da precedenti magnetizzazioni. Ond' è che io mi restringo ad esporre soltanto alcune sperienze relative alla maggiore o minor dose di magnetismo sensibile posseduta dal ferro durante la terza azione magnetizzante.

Le due verghe d'acciajo fortemente magnetizzate dell'apparecchio usato per esperimentare col metodo del §. 9 del capitolo II, una superiore alla scatola del magnetometro, l'altra inferiore, sono distanti 165 millim. circa dall'ago, e questo rimane a zero.

Prendo un cilindretto di ferro dolce lungo 84 millimetri e grosso 6 e lo rinnovo al magnetismo. Poscia, con movimento di traslazione orizzontale e parallelo al meridiano magnetico, lo conduco sulla grondaja piatta dell'apparecchio suddetto stabilita in modo che il cilindretto va a riuscire distante 134 millimetri dalla verga superiore. Il cilindretto allora è rivolto con un estremo verso est e l'altro verso ovest; e convengo di appellare *diretto* il senso in cui allora riesce magnetizzato, ed anche il senso in cui esso è rivolto. Osservo la deviazione dell'ago e veggo che è di 12° 30′.

Poi rivolgo il cilindretto in senso inverso sulla grondaja, facendolo girare orizzontalmente intorno al suo mezzo ed avendo

cura che non si accosti alla verga superiore; e l'ago va di nuovo a fermarsi a 12° 30′.

Innalzo allora la grondaja tanto che il cilindretto va a trovarsi distante 92 millimetri dalla verga superiore; e vedo che la deviazione dell'ago va a stabilirsi di 12°.

Capovolgendo il cilindretto sulla grondaja colle suindicate precauzioni, lo dispongo in senso diretto, e la deviazione dell'ago torna a stabilirsi di 12°.

Ora vado a preparare il cilindretto in modo che, essendo privo di magnetismo sensibile, debba però sotto queste medesime azioni magnetizzanti, e giusta quanto si è dimostrato, comportarsi diversamente, ed assumere gradi maggiori o minori di magnetismo sensibile.

Lo sollevo perciò tanto che giunga ad un millimetro circa di distanza dalla verga superiore, e così lo assoggetto ad una forte azione magnetizzante diretta, che tengo come analoga a quella di grado φ dei precedenti paragrafi; poi lo rimuovo e lo presento sotto alla stessa verga rivolto in senso inverso e a distanza di 60 millimetri circa. Lo esploro con un altro magnetometro, e lo trovo tuttora dotato di magnetismo sensibile diretto. Lo presento di nuovo a quella verga, rivolto in senso inverso e a distanza un poco minore, e lo esploro di nuovo; e così io seguito sinchè, avendolo presentato a distanza di 44 millimetri circa, lo trovo privo di magnetismo sensibile.

Essendo il cilindretto così preparato, dò alla grondaja la prima posizione e vi conduco sopra il cilindretto rivolto in senso inverso e col solito movimento di traslazione. L'ago va a deviare, non già di 12° 30′, come quando il cilindretto non era preparato, ma soltanto di 11° 30′.

Sollevo la grondaja tanto che la distanza tra il cilindretto e la verga superiore riesca di 92 millimetri, e la deviazione dell'ago va a riuscire, non di 12°, ma soltanto di 11° crescenti.

Rimosso il cilindretto ed esplorato coll'altro magnetometro, lo trovo tuttora privo di magnetismo sensibile.

Rimetto la grondaja nella sua prima posizione, e nel solito modo vi conduco sopra il cilindretto rivolto in senso diretto; e si stabilisce nell'ago una deviazione di 14°.

Lasciando il cilindretto sulla grondaja, dò a questa la seconda posizione, così che il cilindretto riesce distante 92 millimetri dalla verga superiore; e l'ago va a fermarsi a 13° crescenti.

Queste quattro sperienze, in due delle quali si osservò il minore effetto sotto l'azione magnetizzante, nelle altre due l'effetto maggiore, sono relative al caso di $\omega < \psi$. Eccone due, una per sorte, relative al caso di $\omega > \psi$.

Stabilisco le due calamite dritte del medesimo apparecchio magnetometrico a minor distanza dall'ago, ed in modo che l'ago rimanga a zero. La nuova distanza è di 133 millimetri circa. Innalzo la grondaja in modo che il cilindretto collocato su di essa riesca distante 35 millimetri dalla verga superiore. Lo rinnovo al magnetismo, e condotto poi nel consueto modo sulla grondaja rivolto in senso diretto, la deviazione dell'ago riesce di 40°.

Capovolgo il cilindretto sulla grondaja, coi debiti riguardi, e si stabilisce ancora una deviazione di 40°.

Il grado di queste due eguali azioni magnetizzanti, una diretta, e l'altra inversa cui fu assoggettato il cilindretto, lo assumiamo come analogo all'ω.

Preparo quindi il cilindretto come lo fu per le sperienze precedenti, cioè; lo magnetizzo prima fortemente in senso diretto, accostandolo sino ad un millimetro di distanza dalla verga superiore, e lo privo poi di magnetismo sensibile presentandolo alla verga stessa sino a 44 millimetri circa di distanza, rivolto in senso inverso. Nel caso di queste sperienze pertanto, il grado ω, corrispondendo alla distanza di 35 millimetri dalla verga superiore, è maggiore del grado ψ che corrisponde a 44 millimetri di distanza dalla verga stessa.

Il cilindretto così preparato lo conduco nel debito modo e disposto in senso inverso sulla grondaja piatta dello strumento

munito delle due verghe, e la deviazione dell'ago non fu di 40°, ma di 39° 30′ circa.

Capovolto infine, coi dovuti riguardi, il cilidretto sulla grondaja, la nuova deviazione fu di 40° 30′ circa.

§. 7. Teoremi analoghi a quelli dei §§. 4 e 5 hanno luogo relativamente al caso di ψ tale che la verga non rimanga priva di magnetismo sensibile, ma invece dotata di magnetismo sensibile, diretto od inverso. Ma è duopo che ψ sia minore c di ϕ e di quel grado che si richiede in un' azione magnetizzante onde ridurre in procinto di sorgere il magnetismo nella porzione u della verga. In tal caso, assoggettando la verga ad azioni magnetizzanti, essa non si comporterà come nel caso in cui fosse stata condotta a possedere quel medesimo grado di magnetismo sensibile diretto, ovvero inverso, mediante una sola azione magnetizzante, rispettivamente diretta od inversa, e di conveniente forza: ma invece, il magnetismo sensibile della verga, per azioni magnetizzanti dirette minori di un certo limite, subirà maggiori variazioni in quel caso, minori in questo; e per azioni magnetizzanti inverse non eccedenti un certo limite, subirà invece minori variazioni nel primo caso, maggiori nel secondo.

§. 8. Se una verga di ferro si terrà costantemente assoggettata ad un'azione magnetizzante ρ di data intensità, per esempio, se la si terrà costantemente in direzione verticale, ovvero in direzione parallela all'ago dell'inclinatorio, e la si assoggetterà per una volta ad una azione puramente smagnetizzante fortissima, atta cioè a temporariamente annullare la forza coercitiva in tutte le sue porzioni omomagnetiche; essa prenderà un grado α di magnetismo sensibile, che conserverà poi inalterato anche in seguito di altre azioni puramente smagnetizzanti cui venga assoggettata (Cap. VIII, §. 3). E questa verga si mostrerà egualmente facile alle variazioni del suo magnetismo sensibile nell'un senso come nel senso opposto per effetto di una azione magnetizzante che venga ad agire su di essa nell'uno o nell'altro senso, oltre quella che supponiamo agire

costantemente. Ma se, dopo la forte azione puramente smagnetizzante, si assoggetterà la verga (sottoposta sempre all'azione ρ) ad una ulteriore azione magnetizzante ϕ in uno dei due sensi, poi, cessata questa, si farà agire su di essa un'azione magnetizzante ψ, contraria alla ϕ e la quale, cessando, lasci il magnetismo sensibile della verga al grado a, dovrà poi la verga mostrare, sotto azioni puramente smagnetizzanti e sotto azioni magnetizzanti, fenomeni analoghi a quelli dei §§. 1, 4 e 5, come ognuno facilmente comprende. E in generale tutti i fenomeni di alterata proclività del magnetismo sensibile a variare nell'uno o nell'altro senso sotto le azioni puramente smagnetizzanti e sotto le azioni magnetizzanti, che una verga sottratta ad ogni azione magnetizzante può presentare in seguito di azioni su di essa precedentemente esercitate, ponno in modo analogo aver luogo anche in una verga non sottratta ad ogni azione magnetizzante, ma tenuta invece soggetta costantemente ad un'azione magnetizzante di data intensità.

Capitolo X.

Fenomeni che può presentare una verga, la quale sia stata assoggettata a tre o più azioni magnetizzanti successive, la seconda contraria alla prima e ciascun' altra contraria alla sua precedente.

§. 1. Consideriamo primieramente una verga di sostanza magnetica, la quale, nuova in principio pel magnetismo, sia poi stata assoggettata a tre azioni magnetizzanti successive, come segue. La prima di queste azioni, il cui senso appelleremo diretto, sia cresciuta con continuità sino ad un grado che indicherò con ϕ, indi scemata sino ad annullarsi. La seconda, agente in senso inverso, sia cresciuta sino ad un grado che indicherò con ψ, tale che, essendo poi decresciuta sino ad annullarsi, la verga sia rimasta con magnetismo sensibile inverso, ma in condizione da poter presentare il fenomeno della inversione del magnetismo sen-

sibile per effetto di convenienti azioni puramente smagnetizzanti. La terza in fine, agente in senso diretto come la prima, sia cresciuta sino ad un grado, che indicheremo con ξ, tale che, essendo poi essa diminuita sino ad annullarsi, la verga sia rimasta priva di magnetismo sensibile. Esaminiamo quali effetti debbano prodursi nella verga così preparata, rispetto al suo magnetismo sensibile, qualora essa venga assoggettata ad azioni puramente smagnetizzanti gradatamente crescenti, debolissime le prime, fortissime le ultime.

Il primo estremo della linea delle intensità magnetiche quando la prima azione magnetizzante è giunta al suo più alto grado ϕ sia in P (fig. 19); quando la seconda azione magnetizzante è giunta al suo più alto grado ψ sia in P′; e quando la terza azione magnetizzante è giunta al suo più alto grado ξ sia in P″. Dopo annullata questa terza azione esso sarà in O. Conducendo PA parallela alla dimezzante l'angolo OUU′, poscia la P′C parallela alla dimezzante l'angolo OUU″, indi la P″F parallela alla PA, e finalmente la OH parallela alla P′C, noi avremo che OHFCAU sarà la linea delle intensità magnetiche della verga preparata come si è supposto. E sarà $ifd = ohi + dca$.

Sia poi Q la posizione del primo estremo della linea delle intensità magnetiche quando viene annullata la seconda azione magnetizzante, e condotta QL parallela alla PA, sarà QLCAU la linea delle intensità magnetiche in tale circostanza. Poichè in questa circostanza, per un'azione puramente smagnetizzante di conveniente forza, nasce la inversione del magnetismo sensibile (come ammettiamo), vale a dire il magnetismo diretto va a prevalere sull'inverso, a più forte ragione un'azione puramente smagnetizzante della stessa energia occasionerà questa prevalenza del magnetismo diretto sull'inverso, agendo sulla verga dopo la terza azione magnetizzante, la quale, essendo diretta, tende a produrre anch'essa la prevalenza del magnetismo diretto sull'inverso. È dunque indubitato che un'azione puramente smagnetizzante di

certa energia dovrà far sorgere nella verga, preparata colle tre magnetizzazioni supposte, magnetismo sensibile diretto.

Ma d'altra parte, essendo nella verga così preparata nullo il magnetismo sensibile e perciò nulla la tendenza estrinseca, in tutte le porzioni omomagnetiche, alle quali corrisponde il tratto OH della linea delle intensità magnetiche, la tendenza complessiva (che riducesi alla sola intrinseca) uguaglia la corrispondente forza coercitiva; e in tutte le altre porzioni omomagnetiche la tendenza complessiva è minore della forza coercitiva; ne differisce però pochissimo nelle porzioni alle quali corrispondono punti della HI prossimi al punto H. Pertanto un'azione puramente smagnetizzante non eccedente un certo piccolo grado di forza, dovrà dar luogo ad un abbassamento della linea delle intensità magnetiche intorno al punto H, lasciandola inalterata nelle parti che corrispondono a porzioni di forze coercitive maggiori; e perciò dovrà far sorgere nella verga magnetismo sensibile inverso.

Se pertanto si comincerà ad agire sulla verga con un'azione puramente smagnetizzante minima, indi con altre man mano crescenti per gradi minimi sino ad una atta ad annullare la forza coercitiva nella porzione a, noi avremo che dovrà da principio sorgere nella verga magnetismo sensibile inverso crescente sino ad un certo grado, poi questo dovrà diminuire sino ad annullarsi, indi dovrà sorgere magnetismo sensibile diretto, il quale pure crescerà sino ad un certo grado per poi diminuire sino ad annullarsi.

§. 2. Dopo ciò è manifesto che, se il grado ξ della terza azione magnetizzante sarà un poco minore di quello supposto nel precedente paragrafo, così che la verga rimanga dotata di un tenue grado di magnetismo sensibile inverso, allora, per un'azione puramente smagnetizzante debolissima, questo magnetismo sensibile inverso dovrà crescere, e così pure, sino ad un certo punto, per successive azioni puramente smagnetizzanti di mano in mano crescenti per gradi minimi; e, continuando poi ad agire con azioni smagnetizzanti di mano in mano più forti, sino al segno da an-

nullare temporariamente la forza coercitiva in tutte le porzioni dotate di magnetismo, il detto magnetismo sensibile inverso diminuirà sino ad annullarsi, indi sorgerà nella verga magnetismo sensibile diretto crescente sino ad un certo grado, e questo poi diminuirà e finirà coll'annullarsi.

Si concepisce pure che se invece il grado ξ della terza azione magnetizzante sarà un poco maggiore del supposto al §. preced. così che la verga preparata sia dotata di magnetismo sensibile diretto, sottoponendola alle successive azioni puramente smagnetizzanti gradatamente crescenti, come si è supposto nei precedenti casi, o dovrà diminuire il suo magnetismo sensibile diretto sino ad un certo punto, poi crescere e in fine diminuire di nuovo sino ad annullarsi; ovvero dovrà il suo magnetismo sensibile diretto diminuire sino ad annullarsi, sorgere poi magnetismo sensibile inverso, crescere sino ad un certo grado e poi diminuire sino ad annullarsi, indi sorgere di nuovo magnetismo sensibile diretto, crescere sino ad un certo grado per poi diminuire e alla fine annullarsi.

§. 3. Esporrò qui alcune sperienze relative alle deduzioni dei due precedenti paragrafi. Ho preso primieramente un cilindretto di ferro lungo 84^{mm} e grosso 6, e lo magnetizzai in un senso, che dirò diretto, applicandolo per tutta la sua lunghezza in contatto di un fianco di un magazzino magnetico composto di due verghe dritte d'acciajo, ben magnetizzate. Lo rimossi e lo magnetizzai inversamente presentandolo capovolto al fianco del magazzino stesso ma alla distanza di 5^{mm} circa. Lo rimossi e poi lo magnetizzai direttamente, presentandolo analogamente, ma capovolto di nuovo e a distanza di 90^{mm}. Esplorato dopo ciò ad un magnetometro ordinario, la cui sensibilità era ridotta circa otto volte maggiore della sua naturale mediante l'artifizio indicato al §. 2 del cap. II, esso cilindretto ne deviava l'ago di 14^{o} ed in senso tale da indicare nel cilindretto magnetismo sensibile diretto. Le deviazioni in questo senso le indicherò col segno + e quelle in senso opposto col segno —.

La deviazione adunque era . . . . + 14°

Percuotendo il cilindretto, tenuto normale al meridiano magnetico, prima leggerissimamente e poi man mano più forte, la deviazione decrebbe da principio e discese sino a + 8°
poi crebbe sino a . . . . + 22°

Avverto che, vista chiaramente la variazione del magnetismo sensibile in senso diretto, io non percuoteva ulteriormente il cilindretto con percosse più forti per non alterarne troppo l'aggregazione molecolare.

Avendo poi ripetuta questa sperienza per tre volte, eseguendo la prima magnetizzazione sempre nello stesso modo, e variando le distanze del cilindretto dal magazzino per la seconda e per la terza magnetizzazione come vado ad indicare, ottenni i risultamenti che seguono. Presentato il cilindretto al magazzino a 4^{mm} circa di distanza per la seconda magnetizzazione ed a 90^{mm} per la terza, la prima deviazione fu . . . . — 4°
e le graduate percosse la ridussero prima sino a . . . — 9°
poi la fecero variare in senso opposto sino a . . . . + 24°

Presentato a 2^{mm} e $\frac{1}{2}$ circa di distanza per la seconda magnetizzazione e ad 82 per la terza, la deviazione da principio fu . . . . 0°
e le graduate percosse la ridussero prima a . . . . — 9°
poscia a . . . . + 14°

Presentato infine ancora a 2^{mm} e $\frac{1}{2}$ di distanza per la seconda magnetizzazione e a 74 per la terza, la deviazione fu . + 3°
da principio, e le graduate percosse la ridussero
prima sino a . . . . — 6°
e successivamente sino a . . . . + 15°

Nelle seguenti sperienze, invece della percossa, ho usato la flessione. Mi sono servito di un parallelepipedo di ferro dolce a base quadrata di 3^{mm} di lato e lungo 80^{mm}. In ognuna di queste sperienze, la prima magnetizzazione sul parallelepipedo (il senso della quale appellerò diretto) è eseguita applicando il parallepipedo di fianco al magazzino delle sperienze precedenti e con tutta la sua lunghezza in contatto col magazzino stesso; la seconda è ese-

guita presentandolo capovolto, al fianco del magazzino e colla sua lunghezza parallela alla lunghezza di questo, e ad una distanza dal magazzino di 15^{mm}. La terza in fine è eseguita presentandolo in simil guisa allo stesso magazzino, ma rivolto in modo da venir magnetizzato in senso diretto e ad una distanza dal magazzino che verrà indicata per ciascuna sperienza.

E primieramente essendo stata di 85^{mm} la distanza per la terza magnetizzazione, il parallelepipedo deviava l'ago del suddetto magnetometro di . . . . + 20°

Esercitando poi sul parallelepipedo, colle dita, debolissimi sforzi tendenti a piegarlo, e tutti tendenti a piegarlo in un medesimo senso (V. la 2ª annotazione al §. 5 del Cap. IV), il suo magnetismo diretto diminuì, e la deviazione dell'ago si ridusse per sino a . . + 11°
Ma esercitando poi degli sforzi maggiori, tendenti sempre ad inflettere il parallelepipedo in quel medesimo senso, la deviazione crebbe e tornò sino a . . . + 20°
E così si ebbe, prima diminuzione, poi aumento di magnetismo sensibile.

In una seconda prova la distanza per la terza magnetizzazione fu di 89^{mm}. Il parallelepipedo deviava l'ago di . . . + 5°

Assoggettando poi il parallelepipedo a sforzi di flessione crescenti, tutti nel medesimo senso, e i primi debolissimi, la deviazione dell'ago variò da prima in senso inverso sino a . . . . — 5°
poi variò in senso diretto sino a . . . . + 18°
E così si ebbero due inversioni nel magnetismo sensibile.

In una terza prova la distanza per la terza magnetizzazione fu di 92^{mm} circa. Il parallelepipedo, messo poi sulla grondaja del magnetometro, lasciò l'ago a . . . . 0°

Ed avendolo poi assoggettato agli sforzi di flessione crescenti come sopra, sorse da prima magnetismo sensibile inverso; poscia avvenne una inversione nel magnetismo sensibile; poichè l'ago andò prima a . — 8°
quindi portossi a . . . . + 20°

Finalmente in una quarta sperienza la distanza per la terza magnetizzazione fu di 95^{mm} e la deviazione prodotta in primo luogo dal parallelepipedo fu di . . . . — 5°

Ed avendo poi esercitati su di esso gli sforzi di flessione successivamente crescenti coi soliti riguardi, nel magnetismo sensibile del parallelepipedo ebbe luogo un aumento da principio ed in seguito una inversione; giacchè la deviazione dell' ago variò da prima in senso inverso sino a . . . . — 11°

poscia variò in senso diretto sino a . . . . . . + 18°

Ho eseguite parecchie altre sperienze di questo genere, e ne ebbi risultati analoghi. Qualche volta ho adoperato un magnetometro ordinario non sensibilizzato; ma le deviazioni dell' ago erano molto piccole; perciò mi sono per lo più servito o di un magnetometro sensibilizzato coll' artifizio indicato al §. 2 del cap. II, ovvero del magnetometro a sistema astatico di due aghi (cap. II. §. 4).

§. 4. Una verga la quale sia stata assoggettata soltanto ad un' azione magnetizzante agente in un senso, sottoposta poi ad azioni puramente smagnetizzanti gradatamente crescenti, non presenta che una variazione in un senso, cioè una diminuzione, del suo magnetismo sensibile, la quale può procedere sino all' annullamento del medesimo. Una verga la quale sia stata assoggettata a due azioni magnetizzanti successive, la seconda contriaria alla prima e convenientemente più debole di essa, sottoposta ad azioni puramente smagnetizzanti gradatamente crescenti, può presentare due successive variazioni di magnetismo sensibile, la seconda in senso opposto della prima, come risulta dagli studi del prof. Stefano Marianini sul magnetismo dissimulato, e dalle considerazioni teoriche dei §§. 1 e 2 del cap. precedente. Una verga la quale sia stata assoggettata a tre successive azioni magnetizzanti, la seconda contraria alla prima e convenientemente più debole di essa e la terza nel senso della prima e convenientemente più debole della seconda, sottoposta poi ad azioni puramente smagnetizzanti

gradatamente crescenti, può presentare tre successive variazioni nel suo magnetismo sensibile, la seconda in senso opposto della prima e la terza nel senso stesso della prima; come risulta dalle considerazioni teoriche dei §§. 1 e 2 di questo capitolo e dalle sperienze del §. precedente.

È manifesto che considerazioni analoghe a quelle dei paragrafi ora citati si potranno fare pel caso di una verga assoggettata a quattro o più azioni magnetizzanti successive e ciascuna in senso contrario della precedente, le quali considerazioni condurranno a conchiudere che se ciascuna di queste azioni sarà convenientemente più debole della sua precedente, assoggettando la verga ad una serie di azioni puramente smagnetizzanti, minima la prima e le altre di mano in mano crescenti per gradi minimi sino ad una capace di annullare la forza coercitiva in tutte le porzioni omomagnetiche della verga che avranno acquistato magnetismo; la verga dovrà sotto tali azioni presentare successivamente tante variazioni del suo magnetismo sensibile, l'una contraria all'altra, quante furono le azioni magnetizzanti alle quali fu sottoposta. E non è improbabile che, usando verghe più grandi di quelle usate nelle sperienze del §. precedente e magnetometri più squisiti, si possa verificare questa deduzione al meno pel caso di quattro successive azioni magnetizzanti, l'una contraria all'altra.

Osservazione. Qualunque sia lo stato magnetico di una verga, se la si assoggetterà ad una serie di azioni magnetizzanti di intensità decrescenti per gradi eguali e minimi, la seconda contraria alla prima ed ogni altra contraria alla sua precedente; se la prima di queste azioni abbia tale intensità che in qualunque dei due sensi la si facesse agire sulla verga, distruggerebbe veramente tutto il magnetismo ad essa contrario esistente nella verga stessa; e l'ultima non ecceda la differenza fra due successive; in seguito di tale serie di azioni magnetizzanti dovrà la verga rimanere sensibilmente nuova pel magnetismo.

§. 5. Una verga nuova pel magnetismo venga assoggettata ad un'azione magnetizzante diretta, la quale, cresca sino ad un de-

terminato grado ϕ, indi decresca sino ad annullarsi. Agisca poi sulla verga stessa un'azione magnetizzante inversa, la quale cresca sino ad un determinato grado ψ, poi deresca sino ad annullarsi; e questo grado ψ sia minore di ϕ e minore del grado necessario a far giungere in procinto di sorgere il magnetismo nell'ultima porzione omomagnetica u, ma sia però abbastanza grande acciò la verga, cessata quest'azione, rimanga dotata di magnetismo sensibile inverso. In fine agisca sulla verga un'azione magnetizzante diretta, la quale cresca sino ad un grado ξ, poi decresca e si annulli anch'essa; e questo grado ξ sia tale che, cessata quest' azione, la verga rimanga priva di magnetismo sensibile.

Sulla verga così preparata vada ad agire un'azione magnetizzante *diretta*, la quale cresca sino ad un dato grado ω, poi decresca sino ad annullarsi, e chiamiamo α la grandezza del magnetismo sensibile diretto del quale sarà dotata la verga sotto quest'azione giunta al grado ω, ed α' la grandezza del magnetismo sensibile rimanente dopo cessata l'azione medesima. E chiamiamo β la grandezza del magnetismo sensibile, che sotto questa stessa azione giunta al grado ω avrebbe luogo se la verga non fosse stata preparata come si è supposto, ma fosse stata nuova pel magnetismo, e β' la grandezza del magnetismo sensibile rimanente in questo caso. Proponiamoci di paragonare α con β ed α' con β'.

Sia P A U (fig. 20) la linea delle intensità magnetiche sotto la la prima azione magnetizzante giunta al grado ϕ, P' C A U la linea delle intensità magnetiche sotto la seconda azione magnetizzante giunta al grado ψ, P'' F C A U la linea delle intensità magnetiche sotto la terza azione magnetizzante giunta al grado ξ, ed O H F C A U la linea delle intensità magnetiche dopo cessata questa terza azione.

Consideriamo primieramente il caso di ω non maggiore di ξ. Sia rappresentato in Q il primo estremo della linea delle intensità magnetiche sotto la qnarta azione magnetizzante giunta al suo più alto grado ω nel caso della verga preparata, e, condotta Q B

parallela alla dimezzante l'angolo OUU'', estesa sino al suo incontro B colla linea OHFCAU, la detta linea delle intensità magnetiche sarà composta della QB e di quella parte della OHFCAU che ha i suoi termini nei punti B ed U. E sarà necessariamente il punto Q inferiore al punto P'' ovvero coincidente con esso, secondo che sarà $\omega < \xi$ od $\omega = \xi$; giacchè deve essere

$$\omega = OQ + \tau . qbo \text{ (*)}, \ \xi = OP'' + \tau . p''ho, \text{ e quindi sarà}$$

$$OQ + \tau . qbo < OP'' + \tau . p''ho, \text{ ovvero } OQ + \tau . qbo = OP'' + \tau . p''ho$$

secondo che sarà $\omega < \xi$, ovvero $\omega = \xi$. Per cui, siccome è necessariamente qbo minore, uguale o maggiore di $p''ho$ secondo che OQ è minore, eguale o maggiore di OP'' sarà $OQ < OP''$ se $\omega < \xi$, ed $OQ = OP''$, se $\omega = \xi$.

Sia poi rappresentata in RDU la linea delle intensità magnetiche sotto la stessa azione magnetizzante giunta al suo più alto grado ω nel caso della verga nuova pel magnetismo. Avremo le due equazioni

$$\omega = OQ + \tau . qbo, \quad \omega = OR + \tau . rdo, \text{ dalle quali}$$

$$OQ + \tau . qbo = OR + \tau . rdo;$$

la quale non potrebbe sussistere se fosse OQ non maggiore di OR, perchè allora sarebbe necessariamente $qbo < rdo$. Essa equazione perciò esige che sia $OQ > OR$ e per conseguenza $qbo < rdo$, cioè $\alpha < \beta$.

Avremo poi $\alpha' = 0$, giacchè, annullata che sia l'azione magnetizzante giunta al grado ω, nel caso della verga preparata, l'equilibrio magnetico esige che il primo estremo della linea delle in-

(*) Riteniamo che qbo rappresenti, in qualunque ipotesi, il solido insistente perpendicolarmente sulla figura compresa dalle rette QO, QB e da quel tratto della linea OHFCAU che rimane compreso tra i punti O e B.

tensità magnetiche sia nel punto O; e poichè β' non è zero, sarà $\alpha' < \beta'$. Qui poi si può osservare che in grazia del principio stabilito nella osservazione 2.ª dell'ultimo §. del cap. VIII, sarà $\alpha = \beta - \beta'$.

Indicato ora con χ il grado necessario per un'azione magnetizzante acciocchè, cessando essa di agire, la verga rimanga magnetizzata a saturazione (cap. VIII, §. 18, osservaz. 3.ª), prendiamo a considerare il caso di ω maggiore di ξ e minore di φ e di χ.

Sia S il primo estremo della linea delle intensità magnetiche della verga sotto l'azione magnetizzante giunta al grado ω nel caso della verga preparata. Sarà S superiore a P' ed inferiore a P; e condotta da S la parallela alla dimezzante l'angolo OUU', questa incontrerà la linea delle intensità magnetiche della verga preparata in un punto I del secondo dei suoi tratti paralleli alla dimezzante l'angolo OUU'', e questo punto I non potrà essere un estremo del detto tratto. Attenendoci alla figura, la linea SICAU sarà la linea delle intensità magnetiche sotto l'azione magnetizzante giunta al grado ω nel caso della verga preparata. Sia poi TEU la linea delle intensità magnetiche sotto l'azione magnetizzante giunta allo stesso grado ω nel caso della verga nuova. Avremo $\alpha = osifho$, $\beta = ote$.

Considerando l'equilibrio magnetico nella porzione o nel caso della verga preparata e nel caso della verga nuova, avremo

$$\omega = OS + \tau . osifho, \qquad \omega = OT + \tau . oet, \quad \text{e quindi}$$

$$(1) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; OS + \tau . osifho = OT + \tau . oet.$$

Ora riflettiamo che, essendo $mfn = ohm + nca$ (giacchè in seguito della supposta preparazione il magnetismo sensibile della verga è nullo), sarà necessariamente $mfn > ohm$, e quindi, detto L il punto d'incontro della TE colla FC, potrà darsi che il piano normale al piano O'OU e passante per EL lasci sotto di se la porzione $melf$, del solido mnf, minore del solido ohm,

potrà darsi che la lasci eguale a questo solido *ohm* e potrà darsi che la lasci maggiore o che lasci sotto di se tutto il solido *mfn*.

Se $melf < ohm$, allora, riflettendo sulla natura dei solidi *osifho*, *oet*, vediamo che, se fosse $OS = OT$, ovvero $OS < OT$, sarebbe necessariamente il primo *osifho* minore del secondo *oet*, per cui anche il primo membro della (1) sarebbe minore del secondo. Dovendo frattanto quella equazione sussistere, sarà necessariamente $OS > OT$, e perciò $osifho < oet$, cioè $\alpha < \beta$. E sarà anco $\alpha' < \beta'$, giacchè dal principio stabilito nella seconda osservazione del §. 22 del cap. VIII si deduce $\alpha - \alpha' = \beta - \beta'$.

Se invece sarà $melf = ohm$, allora, per la natura dei due solidi *osifho*, *oet*, noi avremo *osifho* minore, eguale o maggiore di *oet* secondo che sarà OS minore, eguale o maggiore di OT, e quindi, dovendo sussistere la (1), sarà necessariamente $OS = OT$ ed $osifho = oet$, cioè $\alpha = \beta$; e quindi, pel citato principio, sarà anche $\alpha' = \beta'$.

Se infine sarà $melf > ohm$ od anche se il punto L cadrà nel tratto NC, per la natura dei due solidi *osifho*, *oet*, avremo che se fosse $OS = OT$, ovvero $OS > OT$, sarebbe necessariamente il primo di questi due solidi maggiore del secondo, e perciò, anco il primo membro della (1) maggiore del secondo; laonde, dovendo quella equazione sussistere, sarà necessariamente $OS < OT$ ed $osifho > oet$, cioè $\alpha > \beta$; e quindi anche $\alpha' > \beta'$.

Resta solo a considerarsi il caso che ω non sia minore di entrambe le quantità φ, χ; ma è manifesto che in questo caso la linea delle intensità magnetiche della verga sotto l'azione magnetizzante giunta al grado ω sarà la medesima, tanto per la verga preparata, come per la verga nuova, laonde sarà $\alpha = \beta$, e quindi anco $\alpha' = \beta'$.

Dall'esame fatto, pertanto, si conchiude che, indicando con μ la grandezza cui dovrebbe giungere un'azione magnetizzante diretta perchè, agendo sulla verga nuova pel magnetismo, essa riduca il magnetismo in procinto di sorgere nella porzione omomagnetica

corrispondente a quel tal punto, che dirò J, della O A, pel quale conducendo un piano normale al piano O′ O U e parallelo alla dimezzante l'angolo O U U′, questo piano lascia sotto di se una porzione del solido mfn eguale al solido ohm, sarà

$\alpha < \beta$, $\alpha' < \beta'$ ogni qual volta sia $\omega < \mu$,

$\alpha = \beta$, $\alpha' = \beta'$ ogni qual volta sia $\omega = \mu$,

$\alpha > \beta$, $\alpha' > \beta'$ ogni qual volta ω sia maggiore di μ e minore di entrambe le quantità φ e χ; e finalmente sarà

$\alpha = \beta$, $\alpha' = \beta'$ ogni qual volta ω non sia minore di entrambe le quantità φ, χ. — Si noti che il grado μ è maggiore di ξ.

§. 6. Sulla verga, preparata come si è supposto nel precedente paragrafo, vada ad agire una quarta azione magnetizzante, la quale sia *inversa*, e cresca sino ad un grado, che chiamo ω, poi decresca sino a zero; e chiamiamo α la grandezza del magnetismo sensibile inverso, del quale sarà dotata la verga sotto quest' azione giunta al grado ω, ed α' la grandezza del magnetismo sensibile rimanente dopo cessata l' azione medesima. E chiamiamo poi β la grandezza del magnetismo sensibile, che avrebbe luogo sotto la stessa azione giunta al grado ω se la verga fosse nuova pel magnetismo, e β' la grandezza del magnetismo sensibile rimanente in questo caso. E proponiamoci di paragonare α con β ed α' con β'.

Sia O H F C A U (fig. 21) la linea delle intensità magnetiche della verga preparata. Se sarà ω eguale a ψ, grado cui giunge la seconda azione magnetizzante preparatoria, la linea delle intensità magnetiche sotto la quarta azione magnetizzante giunta al grado ω, nel caso della verga preparata, sarà la P′ C A U, come ognuno può dimostrare facilmente; e se sarà $\omega < \psi$, allora il primo estremo della linea delle intensità magnetiche sotto l' azione magnetizzante giunta al grado ω, nel caso della verga preparata, sarà tra P′ ed O.

Supponiamo frattanto ω non maggiore di ψ, e sia Q′ il primo estremo della linea delle intensità magnetiche sotto la quarta

azione magnetizzante giunta al grado ω nel caso della verga preparata; e, condotta Q'B' parallela ad OH, sarà Q'B'FCAU la detta linea. Sia poi R'D'U la linea delle intensità magnetiche sotto la stessa azione giunta al grado ω nel caso della verga nuova. Sarà manifestamente $\alpha = ohb'q'$, $\beta = od'r'$.

Per l' equilibrio magnetico nei due casi, avremo le due equazioni

$$\omega = OQ' + \tau . ohb'q', \qquad \omega = OR' + \tau . od'r', \text{ dalle quali}$$
$$(1) \ldots\ldots OQ' + \tau . ohb'q' = OR' + \tau . od'r'.$$

A seconda della minore o maggior grandezza di ω potrà darsi che il punto D' cada nella OM; ovvero che cada nella MN, ma che, detto L' il punto comune alle R'D, MF, riesca il solido $md'l' < ohm$; potrà darsi che, essendo D' nella MN, riesca $md'l' = ohm$, e potrà darsi che riesca $md'l' > ohm$.

Se D' sarà nella OM, od anche nella MN, ma riesca $md'l' < ohm$, allora, se fosse $OQ' > OR'$, ed anche se fosse $OQ' = OR'$, sarebbe $ohb'q' > od'r'$, e perciò il primo membro della (1) sarebbe maggiore del secondo. Dunque, siccome la (1) deve sussistere, dovrà essere $OQ' < OR'$, e quindi, a motivo della equazione stessa, sarà $ohb'q' > od'r'$, cioè $\alpha > \beta$. E poichè, pel più volte citato principio, deve essere $\alpha - \alpha' = \beta - \beta'$, sarà ancora $\alpha' > \beta'$.

Se, essendo D' nella MN, riescirà $md'l' = ohm$, allora per la natura dei due solidi $ohb'q'$, $od'r'$, il primo di essi sarà minore, uguale o maggiore del secondo, secondo che sarà OQ' minore, eguale o maggiore di OR'; laonde, a motivo della (1), sarà necessariamente $OQ = OR'$, ed $ohb'q' = od'r'$, cioè $\alpha = \beta$; e conseguentemente anco $\alpha' = \beta'$.

Se infine sarà $md'l' > ohm$, allora, se fosse $OQ' < OR'$, ed anche se fosse $OQ' = OR'$, sarebbe $ohb'q' < od'r'$, e perciò non sussisterebbe la (1). Dovrà dunque essere $OQ' > OR'$, e quindi, a motivo della (1) stessa, $ohb'q' < od'r'$, cioè $\alpha < \beta$, e quindi anche $\alpha' < \beta'$.

Indicato ora con ρ il valore, cui deve giungere un' azione magnetizzante agente sulla verga nuova pel magnetismo onde ridurre in procinto di sorgere il magnetismo nella porzione u, supponiamo che la ω abbia un valore maggiore di ψ e minore di ciascuna delle due quantità φ, ρ. Sia S' I A U la linea delle intensità magnetiche sotto la quarta azione magnetizzante giunta al grado ω nel caso della verga preparata, e T' E' U quella corrispondente al caso della verga nuova. Sarà $\alpha = ogs' - gi'a$, $\beta = oe't'$. Ed, in luogo della (1), avremo ora la equazione

$$\mathrm{OS'} + \tau.(ogs' - gi'a) = \mathrm{OT'} + \tau.oe't'.$$

Se OS' fosse minore di OT', sarebbe $ogs' < oe't'$, e tanto più $ogs' - gi'a < oe't'$, laonde questa equazione non sussisterebbe. Ed anche se fosse $\mathrm{OS'} = \mathrm{OT'}$, questa equazione non sussisterebbe, perchè sarebbe $ogs' = oe't'$ e perciò $ogs' - gi'a < oe't'$. Sarà dunque $\mathrm{OS'} > \mathrm{OT'}$ e quindi $ogs' - gi'a < oe't'$, cioè $\alpha < \beta$. E perciò anche $\alpha' < \beta'$.

Resta a considerarsi il caso in cui ω non sia minore di entrambe le quantità φ e ρ. In questo caso, sotto la quarta azione magnetizzante giunta al grado ω, la linea delle intensità magnetiche deve manifestamente riuscire la medesima, tanto se la verga sia stata preparata, come se non lo sia stata; e perciò sarà $\alpha = \beta$, $\alpha' = \beta'$.

Da quanto abbiamo dimostrato possiamo conchiudere che, indicato con J' quel tal punto della MN, pel quale conducendo un piano perpendicolare all' OUU' e parallelo alla FN, questo lascia sopra di se una porzione del solido mfn eguale al solido $\dot{o}hm$, ed indicato con ν il grado cui deve giungere un' azione magnetizzante agente sulla verga nuova pel magnetismo onde ridurre in procinto di sorgere il magnetismo nella porzione j'; sarà

$\alpha > \beta$, $\alpha' > \beta'$ ogni qual volta sia $\omega < \nu$;
$\alpha = \beta$, $\alpha' = \beta'$ ove sia . . . . $\omega = \nu$;
$\alpha < \beta$, $\alpha' < \beta'$ ogni qual volta sia ω maggiore di ν e

minore di entrambe le quantita ϕ, ρ; e finalmente sarà

$\alpha=\beta$, $\alpha'=\beta'$ ogni qual volta ω non sarà minore di entrambe le quantità ϕ e ρ. — Si osservi che il grado v è necessariamente minore di ψ.

§. 7. Nella stessa figura 21 sia rappresentato da J quel punto della MN, pel quale conducendo un piano normale al piano O'OU e passante per la retta JK parallela alla MF, questo piano lascia sotto di se una porzione *mjkf* del solido *mfn* equivalente al solido *ohm*. Se per questo punto J si condurrà un piano normale all' O'OU e parallelo alla NF, questo lascierà sopra di se una parte del solido *mnf*, la quale sarà anche parte del solido *mjkf* e perciò minore del solido *ohm*; laonde il punto J sarà più vicino al punto O che non il punto J'. Ne viene di conseguenza che il grado μ dell' azione magnetizzante atta a ridurre il magnetismo in procinto di sorgere nella porzione omomagnetica *j* nel caso della verga nuova, sarà minore del grado v dell' azione magnetizzante atta a ridurlo in procinto di sorgere nella porzione *j'*; lande sarà $\xi<\mu<v<\psi$. E ogni volta che il grado ω della quarta azione magnetizzante sarà compreso tra μ e v, dovrà riuscire $\alpha>\beta$ ed $\alpha'>\beta'$ tanto se quest' azione magnetizzante agisca in senso diretto, come se agisca in senso inverso.

§. 8. Se sulla verga, preparata come si è supposto nei tre precedenti paragrafi, agirà un' azione magnetizzante diretta, la quale non ecceda il grado ξ; cessando di agire quest' azione, la linea delle intensità magnetiche ritornerà allo stato primitivo OHFCAU (fig. 21). Ma se agirà un' azione magnetizzante diretta, la quale giunga ad un grado ω maggiore di ξ, allora, cessando di agire quest' azione, la nuova linea delle intensità magnetiche sarà necessariamente diversa dalla primitiva. Per altro, se dopo ciò si agirà di nuovo sulla verga con un' azione magnetizzante diretta, la quale giunga allo stesso grado ω, la linea delle intensità magnetiche tornerà quale era sotto l' azione precedente giunta al grado ω.

Se dunque si agirà sulla verga con successive azioni magnetizzanti dirette, ciascuna delle quali cresca sino ad un certo grado e poi decresca sino ad annullarsi, e il grado cui giunge la seconda sia maggiore di quello cui giunge la prima, e quello cui giunge ciascun' altra sia maggiore di quello cui giunge la sua precedente; e si esplori il magnetismo sensibile sotto ciascuna di queste azioni giunta al suo grado massimo, ed anche il magnetismo sensibile rimanente dopo cessata ciascuna di esse; si avranno per ciascuna azione i medesimi risultati che si avrebbero se fosse stata praticata senza che avessero agito le precedenti. Altrettanto manifestamente avrà luogo se le successive azioni magnetizzanti saranno tutte inverse. Ma se, dopo di aver agito colle dirette, si agirà colle inverse, o viceversa, i risultati che si otteranno dalle seconde non saranno quei medesimi che da esse si otterebbero se non avessero agito le prime.

Oltre a ciò, dai principii stabiliti si deduce facilmente che se sulla verga preparata si faranno agire successivamente due azioni magnetizzanti, l'una contraria all'altra, crescenti sino ad un medesimo grado ω, poi annullantisi; se sarà $\omega < \xi$, quella che agirà in secondo luogo darà risultamenti pari a quelli, ch'essa darebbe se non avesse preceduto l'altra, purchè si agisca prima colla diretta e poi colla inversa. Ma se ω sarà maggiore di ξ e minore di ψ, allora, per ottenere la parità dei risultamenti, converrà far agire prima la inversa e poi la diretta. E infine, se sarà $\omega > \psi$, si otterà sempre lo scopo facendo agire prima la diretta e poi la inversa.

Osserveremo ancora che l'aver preceduto ad un'azione magnetizzante, che va ad agire sulla verga preparata, un'azione magnetizzante opposta ad essa, od anche più d'una, non potrà in verun caso esser causa per cui il magnetismo sensibile sotto quell'azione, o il rimanente dopo cessata, sia maggiore e nel medesimo senso di quel magnetismo sensibile che avrebbe avuto luogo se non fosse preceduta l'azione opposta; laonde si concepisce che, agendo successivamente sulla verga preparata con

azioni magnetizzanti, eguali a due a due ed opposte, e sempre le due successive maggiori delle due precedenti; e facendo, per le sueeessive paia di azioni eguali ed opposte, all' opportunità precedere or la diretta or la inversa; ed esplorando il magnetismo sensibile sotto eiaseun' azione magnetizzante giunta al suo più alto grado ed il rimanente dcpo cessata; si concepisce, dico, poter avvenire che i risultati confermino che realmente, come deducesi dai §§. 5 e 6, per deboli azioni magnetizzanti la verga preparata sia meno proclive alle variazioni in senso diretto del magnetismo sensibile, ehe non lo è quando è nuova, e più proclive per le variazioni in senso inverso; e ehe per azioni magnetizzanti più forti la verga invece sia meno proclive, che non quando è nuova, alle variazioni del suo magnetismo sensibile in senso inverso e più proclive alle variazioni in senso diretto. E dietro tali riflessi ho eseguite le sperienze del seguente §. 9.

Ma volendo verificare con sicurezza che, per eerti valori della ω compresi tra ξ e ψ (che sono tutti quelli compresi tra μ e ν) la verga se è preparata prende più magnetismo sensibile di quello che prende se è nuova, tanto se l' azione magnetizzante è diretta, come se è inversa, ho voluto sulla verga preparata agire a dirittura eon due successive azioni eguali ed opposte giungenti ad un grado pel quale probabilmente dovesse accadere il fenomeno, e facendo precedere la inversa, come esporrò nel §. 10; ma, per semplicità, mi sono ristretto ad esplorare saltanto il magnetismo sensibile rimanente.

§. 9. Ho preso un cilindretto di fero lungo 84^{mm} e grosso 6^{mm}, e lo ho rinnovato al magnetismo mediante l' arroventamento. Poscia, con movimento di traslazione orizzontale e parallelo al meridiano magnetico, lo ho condotto sulla grondaja piatta, superiore all' ago di soli 8^{mm}, dell' apparecchio magnetometrico munito delle due verghe d' acciajo magnetizzate, le quali erano distanti dall' ago 133^{mm}, ed ho osservata la deviazione dell' ago. Ho quindi rimosso il cilindretto ed esplorato il suo magnetismo sensibile rimanente mediante un magnetometro ordinario.

Chiamerò *diretto* il senso in cui fu disposto il cilindretto sulla grondaja ed anche il senso della corrispondente azione magnetizzante.

In seguito, pure con movimento di traslazione orizzontale e parallelo al meridiano magnetico, ho condotto il cilindretto sulla grondaja rivolto in senso inverso, ed ho osservata la deviazione dell' ago; poi, preso via il cilindretto, lo collocai, come l' altra volta, sulla grondaja del magnatometro ordinario ed osservai la deviazione ch' esso produceva nell' ago.

Ripetei poscia le stesse prove sul medesimo cilindretto, ma colla grondaja piatta dell' apparecchio magnetometrico, munito delle due calamite dritte, posta a maggiore altezza; indi un' altra volta, colla grondaja stessa posta ad altezza anco maggiore; e così di seguito. I risultati di queste prove sono indicati nella parte sinistra della seguente tabella. Nella prima colonna di questa parte sono notate le altezze della grondaja piatta, cioè le distanze della sua faccia superiore dall' ago. Nella seconda è notato se il cilindretto era stato posto sulla grondaja rivolto in senso diretto, ovvero in senso inverso. Nella terza sono notate le corrispondenti deviazioni dell' ago dell' apparecchio munito delle due calamite, prodotte dal cilindretto sotto le diverse azioni magnetizzanti. Nella quarta, in fine, sono notate le deviazioni che esso, preso via dal detto apparecchio, ha prodotte nell' ago del magnetometro ordinario.

In seguito ho preparato il cilindretto come segue. Lo ho primieramente avvicinato, rivolto in senso diretto, alla verga superiore sino a mezzo millimetro di distanza, e poscia lo ho rimosso. Quindi lo ho condotto nel solito modo, ma rivolto in senso inverso, sulla grondaja piatta dell' apparecchio stabilita a 92^{mm} di altezza sopra l' ago; poi lo ho rimosso. Allora lo esplorai mediante il magnetometro semplice e ne deviava l' ago di -6^{o}, cioè di sei gradi in senso tale da indicare magnetismo sensibile inverso. Presentai poi il cilindretto rivolto in senso diretto, sotto la verga superiore dell' apparecchio e a tale distanza da essa che, preso via di là,

rimanesse privo di magnetismo sensibile; e a tale oggetto ho dovuto alzarlo sino a 37^{mm} circa al di sopra dell' ago.

Sul cilindretto così preparato ho ripetute tutte le prove che aveva già fatte sul cilindretto nuovo, e i risultamenti di queste sono registrati nella parte destra della tabella seguente.

CILINDRETTO NUOVO PEL MAGNETISMO				CILINDRETTO PREPARATO			
Altezze in millimet.	Senso	Deviazioni dovute al magnetismo sotto le azioni magnetizzanti	Deviazioni prodotte dal magnetismo rimanente	Altezze in millimetri	Senso	Deviazioni dovute al magnetismo sotto le azioni magnetizzanti	Deviazioni prodotte dal magnetismo rimanente
8	dir.	10°. —	+ 0°. 30′	8	dir.	9°. 15′	0°. —
»	inv.	10°. —	— 0°. 30′	»	inv.	10°. 45′	— 1°. —
29	dir.	19°. —	+ 1°. —	29	dir.	18°. 15′	— 0°. 15′
»	inv.	19°. —	— 1°. —	»	inv.	20°. —	— 3°. —
ξ, 37	dir.	19°. 15′	+ 1°. 45′	37	dir.	19°. —	0°. —
»	inv.	19°. 15′	— 1°. 45′	»	inv.	20°. —	— 3°. 30′
50	dir.	17°. 15′	+ 2°. 15′	50	dir.	17°, 15′	+ 2°. cresc.
»	inv.	17°. 15′	— 2°. 15′	»	inv.	17°. 15′	— 2°. 30′
71	dir.	17°. —	+ 4°. 45′	71	inv.	17°. —	— 5°. scarsi
»	inv.	17°. —	— 4°. 45′	»	dir.	17°. 45′	+ 8°. —
ψ, 92	dir.	17°. 30′	+ 10°. —	92	inv.	16°. 30′	— 6°. —
»	inv.	17°. 30′	— 10°. —	»	dir.	18°. 45′	+ 16°. —
113	dir.	20°. —	+ 23°. —	113	inv.	20°. scarsi	— 19°. —
»	inv.	20°. —	— 23°. —	»	dir.	20°. cresc	+ 28°. —
φ, —	—	— —	— —	—	—	— —	— —

Da tali risultamenti si comprende che il cilindretto, corrispondentemente alle distanze dall' ago minori di 50^{mm}, quando fu disposto in senso diretto ha acquistato sotto l' influenza dosi di magnetismo sensibile minori quando era preparato che non quando era nuovo; ed anche, rimosso dalla influenza, ha conservato dosi di

magnetismo sensibile minori quando era preparato che non quando era nuovo; e, quando invece fu disposto in senso inverso, acquistò sotto l' influenza e conservò, cessata questa, dosi di magnetismo maggiori quando era preparato, minori quando era nuovo; e si vede che esso cilindretto si comportò inversamente per le distanze dall' ago di 92^{mm} e 113^{mm}.

L' ultima colonna della tabella ci palesa che, corrispondentemente alla distanza di 71^{mm}, si è verificato il maggior effetto sulla verga preparata che sulla nuova, tanto nel senso inverso quanto nel diretto. Ma ecco alcune sperienze esclusivamente a ciò relative.

§. 10. Appoggio su di un tavolo orizzontale un magazzino formato con due verghe dritte d' acciajo, ben magnetizzate, e lo dispongo colla sua lunghezza normale al meridiano magnetico. Prendo un cilindretto lungo 92^{mm} e grosso 6^{mm}, nuovo pel magnetismo. Lo presento di fianco al suddetto magazzino, parallelamente ad esso e alla distanza di 20^{mm}, rivolto in un senso che dirò diretto. Poi lo rimuovo e ne esploro il magnetismo rimanente mediante un magnetometro ordinario colla grondaja alta 18^{mm} al di sopra dell' ago; e faccio la esplorazione in due modi, cioè: prima, ponendolo sulla grondaja disposta normalmente al diametro 0° 180°, ed osservando la deviazione dell' ago; poi facendo girare la grondaja intorno all' asse verticale passante pel suo mezzo, tanto che il cilindretto e l' ago vadano a riuscire ad angolo retto tra loro, ed osservando la nuova deviazione dell' ago.

	Deviazioni ordinarie.	Deviazioni col cilindretto normale all' ago.
Così facendo ottengo le due deviazioni	+ 21°. 45′	+ 16°. 10′
Presento di nuovo il cilindretto al magazzino, alla stessa distanza, ma rivolto in senso inverso. Lo rimuovo ed esploro similmente il suo magnetismo, ed ottengo	— 21°. 45′	— 16°. 10′

	Deviazioni ordinarie.	Deviazioni col cilindretto normale all' ago.
Ora lo magnetizzo fortemente in senso diretto per sfregamenti separati sui poli del magazzino ed applicandolo poi anche di fianco ad esso ed immediatamente a contatto. Al magnetometro produce la deviazione		+ 50°. —
Lo magnetizzo inversamente, presentandolo di fianco al magazzino e a mezzo millimetro di distanza. Rimosso ed esplorato, produce la deviazione .		— 27°. —
Lo magnetizzo direttamente, presentandolo a distanza di 80^{mm}, poi lo esploro ed ho una deviazione negativa. Lo presento a distanze di mano in mano minori, e lo esploro ogni volta, finchè, avendolo presentato a 60^{mm} circa di distanza, ottengo	0°. —	0°.
Dopo ciò, esploro qual grado di magnetismo sensibile rimanente esso acquisti presentandolo di fianco al magazzino, rivolto in senso inverso ed a 20^{mm} di distanza; e qual grado ne acquisti, presentandolo alla stessa distanza rivolto in senso diretto. Lo presento adunque a 20^{mm} di distanza rivolto in senso inverso, poi lo esploro ed ho	— 30°. —	— 20°. —
Lo presento poi alla stessa distanza rivolto in senso diretto; lo esploro ed ho	+ 22°. 30′	+ 16°. 30′.

Ed ecco che il cilindretto, e nel senso inverso e nel senso diretto, in seguito di quella tale azione magnetizzante corrispondente alla distanza di 20^{mm} dal maggazzino, ha acquistato più magnetismo sensibile dopo preparato, che non quando era nuovo. Tentiamo un' altra preparazione.

	Deviazioni ordinarie.	Dev. col cilind. normale all' ago
Magnetizzo fortemente il cilindretto, come sopra, in senso diretto, poi lo esploro, ed ottengo		+ 51°. 30′
Lo magnetizzo poi inversamente presentandolo a $\frac{3}{4}$ di millimetro di distanza. Esplorandolo poi ottengo		— 23°. —
Lo magnetizzo direttamente a diverse distanze decrescenti, ed ogni volta lo esploro; finchè, avendolo presentato a 65^{mm}, ottenni.	0°. —	0°. —
Dopo tale preparazione lo presento al magazzino a 20^{mm} di distanza, rivolto in senso inverso. Lo esploro poi al magnetometro ed ottengo	— 27°. —	— 19°. —
lo presento quindi alla stessa distanza, rivolto in senso diretto; lo esploro ed ho	+ 28°. —	+ 19°. 15′,
deviazioni tutte quattro decisivamente superiori a quelle ottenute quando il cilindretto non era stato preparato.		
Ho in fine presentato di nuovo il cilindretto al magazzino, alla stessa distanza di 20^{mm} e rivolto in senso inverso. Esplorato, produsse le deviazioni	— 16°. 30′	— 13°. —

che sono minori di quelle ottenute dal cilindretto non preparato; e ciò fa vedere che in queste prove bisogna far precedere l'azione magnetizzante in senso inverso, cioè nel senso della seconda azione preparatoria, come già abbiamo riconosciuto dalla teoria.

§. 11. Ora è manifesto che, se una verga verrà preparata con tre successive azioni magnetizzanti, la seconda contraria alla prima, la terza contraria alla seconda, e delle quali le prime due soddisfacciano le condizioni ammesse al §. 5, ma la terza lasci la verga non priva di polarità, ma dotata di polarità assai de-

bole, questa verga dovrà pure presentare fenomeni del genere di quelli dei §§. 5, 6 e 7. E, dopo ciò che si è teoricamente dedotto nei tre citati paragrafi, non sarà difficile applicare gli stessi principii ai casi di una verga preparata con quattro o più azioni magnetizzanti successive, la seconda contraria alla prima e convenientemente minore di essa, ed ogni altra contraria alla sua precedente e convenientemente di essa minore; e dedurre i fenomeni, che questa verga sarà atta a presentare, di alterata suscettibilità a subire variazioni di magnetismo sensibile nell' uno o nell' altro senso per azioni magnetizzanti di diverse intensità.

Se per esempio la verga sarà stata assoggettata a quattro successive azioni magnetizzanti, la prima e la terza dirette, la seconda e la quarta inverse, e le quali sieno giunte a quattro gradi ϕ, ψ, ξ, ζ tali che nella verga sieno rimasti quattro sistemi magnetici m, m', m'', m''' (fig. 22), alternativamente uno diretto l'altro inverso, e sia $m'=m$, $m'''=m''$; la verga sarà priva di magnetismo sensibile; e, coll' appoggio degli stabiliti principii, si riconoscerà facilmente che, per azioni magnetizzanti minori di ξ la verga acquisterà dosi di magnetismo sensibile maggiori o minori di quelle che acquisterebbe se fosse nuova. secondo che queste azioni magnetizzanti saranno dirette o inverse; per una azione magnetizzante eguale a ξ, sia poi essa diretta od inversa, acquisterà la stessa dose di magnetismo che acquisterebbe se fosse nuova; e per azioni magnetizzanti maggiori di ξ e minori di ϕ e di quel grado ρ, che si richiede in un' azione magnetizzante per ridurre il magnetismo in procinto di sorgere nella porzione u, dovrà di nuovo la verga acquistare dosi di magnetismo sensibile maggiori o minori di quelle che acquisterebbe se fosse nuova secondo che queste azioni magnetizzanti saranno dirette ovvero inverse.

Se invece i gradi ϕ, ψ, ξ, ζ delle quattro successive azioni magnetizzanti saranno tali che riesca $m+m''=m'+m'''$ (fig. 23) (per cui la verga riuscirà priva di magnetismo sensibile) e sia $m'>m$ e perciò $m''>m'''$; con procedimento conforme a quello

usato nei §§. 5, 6 e 7 ognuno potrà dedurre facilmente che la suscettibilità della verga, sia ad acquistare magnetismo sensibile temporario sotto azioni magnetizzanti di gradi diversi, sia ad acquistare magnetismo sensibile rimanente dopo cessate queste azioni, dovrà riuscire alterata come segue: 1.° per azioni magnetizzanti minori di un certo grado μ' compreso tra ζ e ξ, essa acquisterà dosi di magnetismo sensibile maggiori o minori di quelle, che acquisterebbe se fosse nuova pel magnetismo, secondo che tali azioni saranno dirette ovvero inverse; 2.° per azioni magnetizzanti maggiori di μ' e minori di un certo grado ν' compreso tra μ' e ξ, essa acquisterà dosi di magnetismo sensibile maggiori di quelle che acquisterebbe nuova, qualunque poi sia il senso di tali azioni; 3.° per azioni magnetizzanti maggiori di ν' e minori di un certo grado μ compreso tra ξ e ψ, acquisterà dosi di magnetismo sensibile minori o maggiori di quelle, che acquisterebbe se fosse nuova pel magnetismo, secondo che queste azioni saranno dirette ovvero inverse; 4.° per azioni magnetizzanti maggiori di μ e minori di un certo grado ν compreso tra μ e ψ, acquisterà di nuovo dosi di magnetismo sensibile maggiori di quelle che acquisterebbe se fosse nuova, qualunque poi sia il senso di queste azioni; 5.° finalmente per azioni magnetizzanti maggiori di ν e minori di ϕ e di ρ, la verga acquisterà dosi di magnetismo sensibile maggiori o minori di quelle che acquisterebbe se fosse nuova, secondo che queste azioni saranno dirette ovvero inverse.

Nelle sperienze del seguente paragrafo noi vedremo verificate, in quanto al magnetismo rimanente, le deduzioni teoriche relative a quest' ultimo caso.

§. 12. Un cilindretto di ferro, lungo 84^{mm} e nuovo pel magnetismo, venne presentato a distanza di 190^{mm}, prima in un senso, che dirò diretto, poi nel senso opposto, di fianco al magazzino di due verghe dritte usato nelle sperienze del §. 10; e dopo ciascuna presentazione fu esplorato col magnetometro usato in quelle sperienze. Poi ho ripetuto simili presentazioni ad altre distanze di mano in mano minori, ed esplorato ogni volta il ma-

gnetismo sensibile del cilindretto. I risultamenti ottenuti sono registrati nella parte sinistra della seguente tabella. Nella prima colonna sono notate le distanze alle quali il cilindretto venne presentato al magazzino; nella seconda è notato il senso in cui venne presentato; nella terza sono notate le deviazioni ordinarie prodotte da esso nell' ago del magnetometro, e nella quarta le deviazioni che produceva disponendolo alla stessa altezza, ma normale alla direzione che andava a prender l'ago.

Dopo ciò, ho preparato il cilindretto come segue: Primieramente lo magnetizzai in senso diretto, per sfregamenti separati sui poli del detto magazzino e applicandolo poi anche di fianco al maggazzino stesso e a contatto immediato con esso e facendolo quivi strisciare lungo il magazzino stesso. Esplorato dopo ciò, produceva, disposto normale all' ago, una deviazione di $+ 53^{o}$. — Il grado dell' azione magnetizzante, atta da sola a condurlo a tale stato di magnetismo sensibile, lo assumiamo come analogo al φ della teoria.

Lo assoggettai poi ad una azione magnetizzante inversa, presentandolo, rivolto in senso inverso, di fianco al magazzino e a distanza di $\frac{1}{2}$ millimetro. Il grado di quest' azione è l' analogo al grado ψ della teoria. Esplorato poi nel modo suddetto, produsse una deviazione di . . . . $- 27^{o}$. —

Lo magnetizzai quindi direttamente presentandolo, rivolto in senso diretto, al magazzino, a distanza di 45^{mm}. Il grado di quest' azione è l'analogo al grado ξ della teoria. Esplorato poi nel modo suddetto, produsse una deviazione di . . . $+ 4^{o}. 30'$.

Finalmente lo presentai, rivolto in senso diretto e a distanza di 150^{mm}, ed esplorato dopo ciò col solito magnetometro, l'ago rimase a . . . . , ... 0^{o}. —
Il grado di quest' ultima azione magnetizzante è l' analogo al grado ζ della teoria.

Dopo tale preparazione del cilindretto, si ripeterono su di esso le prove fatte prima della preparazione stessa, e se ne ebbero i risultamenti registrati nella parte destra della seguente tabella.

CILINDRETTO NUOVO PEL MAGNETISMO				CILINDRETTO PREPARATO			
Distanze in millimetri	Senso	Deviazioni ordinarie	Deviazioni col cilindretto normale all' ago	Distanze in millimetri	Senso	Deviazioni ordinarie	Deviazioni col cilindretto normale all' ago
190	dir.	+ 0°. 30′		190	inv.	0°. —	
»	inv.	— 0°. 30′		»	dir.	+ 1°. cr.	
150				150	inv.	0°. —	
»				»	dir.	+ 2°. —	
125	dir.	+ 1°. cr.		125	inv.	— 1°. cr.	
»	inv.	— 1°. cr.		»	dir.	+ 1°. cr.	
60	dir.	+ 6°. —		60	dir.	+ 3°. sc.	
»	inv:	— 6 . sc.		»	inv.	— 10°. —	
50	dir.	+ 7°. sc.		50	dir.	+ 3°. —	
»	inv.	— 7°. —		»	inv.	— 11°. —	
45							
40	dir.	+ 10°. —		40	dir.	+ 6°. —	
»	inv.	— 9°. —		»	inv.	— 13°. —	
30	dir.	+ 13°. —		30	inv.	— 16°. 45′	
»	inv.	— 12°. —		»	dir.	+ 10°. 50′	
20	dir.	+ 18°. cr.		20	inv.	— 19°. —	
»	inv.	— 18°. cr.		»	dir.	+ 19°. —	
10	dir.	+ 27°. —	+ 19°. —	10	inv.	— 25°. —	— 17°. 30′
»	inv.	— 27°. —	— 19°. —	»	dir.	+ 73°. —	+ 22°. 45′
3	dir.		+ 27°. —	3	inv.		— 22°. —
»	inv.		— 26°. 30′	»	dir.		+ 29°. 45′
1	dir.		+ 32°. 30′	1	dir.		+ 38°. —
»	inv.		— 32°, 30′	»	inv.		— 28°. —

Qui vediamo che, corrispondentemente alle distanze di 190 e di 150 millimetri, alle quali corrispondono azioni magnetizzanti minori della analoga alla μ' della teoria, si ebbero sulla verga

preparata maggiori effetti che sulla nuova dalle azioni magnetizzanti dirette; minori dalle inverse. Vediamo pure che, corrispondentemente alle distanze di 60, 50, 40 e 30 millim., abbiamo avuto invece, dalle azioni magnetizzanti inverse, maggiori effetti sulla verga preparata, minori sulla nuova; e, dalle dirette, effetti minori sulla verga preparata, maggiori sulla nuova; e i gradi delle azioni magnetizzanti corrispondenti a queste distanze ponno benissimo essere compresi tra i gradi ν' e μ della teoria. E vediamo che, corrispondentemente alle ultime e minori distanze, alle quali corrisponderanno azioni magnetizzanti di gradi maggiori di ν e minori di ϕ e di ρ, si ebbero, come da principio, sulla verga preparata maggiori effetti che sulla nuova dalle azioni magnetizzanti dirette, minori dalle inverse. Si ebbe anche un piccolo segno di maggior effetto sulla verga preparata che sulla nuova, tanto dall'azione magnetizzante diretta quanto dalla inversa, per la distanza di 20^{mm}, alla quale possiamo ritenere che corrisponda un'azione magnetizzante di grado compreso tra i due μ e ν della teoria; ma non abbiamo avuto da veruna coppia di azioni magnetizzanti, il cui grado possa arguirsi compreso tra i gradi μ' e ν' della teoria, indizio alcuno di questa maggior grandezza di effetto prodotto sulla verga preparata tanto dall'azione magnetizzante diretta quanto dalla inversa. Questo inconveniente dipende da ciò che, avendo fatto molte prove successive sulla verga preparata, da parecchie di queste prove non si sono potuti avere i risultati esatti, in grazia delle alterazioni che lo stato magnetico intrinseco della verga preparata aveva già subito a causa delle prove precedenti. Ora, riflettendo sulla rappresentazione geometrica dell'intrinseco stato magnetico della verga preparata (fig. 23), è facile persuadersi che, se la si sottoporrà primieramente a successive azioni magnetizzanti inverse non maggiori di ξ e che si succedano in ordine di intensità crescenti; poi la si sottopporrà ad azioni magnetizzanti dirette non maggiori di ξ e le quali pure si succedano in ordine di intensità crescenti; indi ad azioni magnetizzanti inverse,

maggiori di ζ e non maggiori di ψ, e succedentisi nel suddetto ordine; poscia la si sottoporrà ad azioni magnetizzanti dirette maggiori di ξ e non di ϕ, e succedentisi nel medesimo ordine; ed infine, ad azioni magnetizzanti inverse, maggiori di ψ e non di ϕ, e succedentisi nel solito ordine; è facile, dico, persuadersi che in tal caso la verga, in seguito di ciascuna di dette azioni magnetizzanti, posseder dovrà quel medesimo grado di magnetismo sensibile, ch'essa possederebbe in seguito di quella stessa azione magnetizzante, praticata che fosse prima di ogni altra sulla verga preparata. E ognuno vedrà pure facilmente che, se si faranno da prima agire, sulla verga preparata, una dopo l'altra e con qualunque ordine, azioni magnetizzanti dirette ed inverse non maggiori di ζ, e poscia la si assoggetterà ad azioni magnetizzanti maggiori di ζ, la verga, per queste ultime, acquisterà i medesimi stati magnetici e perciò i medesimi gradi di magnetismo sensibile, che acquisterebbe se non avessero preceduto quelle non maggiori di ζ. E che, se si faranno prima agire sulla verga preparata, una dopo l'altra e con qualunque ordine, azioni magnetizzanti dirette ed inverse non maggiori di ξ, ed in seguito altre maggiori di ξ, essa, per queste ultime, acquisterà i medesimi stati magnetici e perciò i medesimi gradi di magnetismo sensibile, che acquisterebbe se non avessero preceduto le prime. Ho preso pertanto un altro cilindretto di ferro, nuovo pel magnetismo, ed ho eseguita su di esso una serie di sperienze analoga alla precedente, e come vado ad esporre.

Dopo fatte le dovute prove sul cilindretto nuovo pel magnetismo, i risultamenti delle quali sono registrati nella parte sinistra della seguente tabella, ho preparato il cilindretto come segue:

Lo ho prima magnetizzato in senso diretto colle stesse operazioni della prima magnetizzazione eseguita per la preparazione del cilindretto delle sperienze precedenti. Portato quindi al magnetometro, e disposto normale alla direzione che andava a prender l'ago, la deviazione di questo fu . . . . $+ 42^{o}$. —

Presentai poscia il cilindretto, rivolto in senso inverso, di fianco al solito magazzino formato colle due verghe dritte e distante mezzo millimetro da esso. Esplorato poscia nel suddetto modo la deviazione fu . . . . — 23°. —

Lo presentai quindi, rivolto in senso diretto, al magazzino stesso e distante 40^{mm} da esso. Esplorato poi col magnetometro nel modo ordinario, la deviazione dell'ago fu . . . . + 3°. 30'.

Finalmente, per privarlo di magnetismo sensibile con una quarta azione magnetizzante, ho dovuto presentarlo, rivolto in senso inverso, al magazzino, ed accostarlo ad esso sino a 148^{mm}, dopo di che, portato al magnetometro, ne lasciò l'ago a . . 0°. —

I gradi ψ, ξ, ζ delle azioni magnetizzanti seconda, terza e quarta della teoria, corrispondono in questo caso alle distanze di $\frac{1}{2}$ millim., di 40^{mm} e di 148^{mm}.

Feci poi sul cilindretto così preparato le stesse prove fatte su di esso prima della preparazione, ma in ordine tale che i risultati delle prove, se non tutti, almeno quelli corrispondenti a certe azioni magnetizzanti comprese tra ζ e ψ, non riuscissero alterati in causa delle magnetizzazioni occorse per le prove precedenti. Nella parte destra della seguente tabella, divisa in 5 colonne, sono registrati i risultamenti ottenuti. Nella prima di queste colonne sono notati i numeri indicanti l'ordine col quale si sono eseguite le prove; nella seconda le distanze alle quali fu presentato il cilindretto al magazzino; nella terza il senso nel quale fu presentato; e nelle altre due le deviazioni dell'ago del magnetometro, prodotte dal cilindretto dopo ciascuna magnetizzazione.

CILINDRETTO NUOVO PEL MAGNETISMO				CILINDRETTO PREPARATO				
Distanze in millimetri	Senso	Deviazioni ordinarie	Deviazioni col cilindretto normale all' ago	Numeri d' ordine	Distanze in millimetri	Senso	Deviazioni ordinarie	Deviazioni col cilindretto normale all' ago
190	dir.	+ 0°. 10′		2	190	dir.	+ 0°. 30′	
»	inv.	— 0°. 10′		1	»	inv.	0°. —	
150	dir.	+ 0°. 30′		4	150	dir.	+ 0°. 50′	
»	inv.	— 0°. 30′		3	»	inv.	+ 0°. 05′	
ζ 148								
110	dir.	+ 0°. 55′		5	110	dir.	+ 1°. 30′	
»	inv.	— 0°. 55′		6	»	inv.	— 2°. —	
90	dir.	+ 1°. 30′		7	90	dir.	+ 0°. 45′	
»	inv.	— 1°. 40′		8	»	inv.	— 3°. 30′	
60	dir.	+ 3°. 50′		9	60	dir.	+ 2°. —	
»	inv.	— 3°. 50′		10	»	inv.	— 7°. 30′	
ξ 40	dir.	+ 6°. 05′		11	40	dir.	+ 3°. 30′	
»	inv.	— 6°. —		12	»	inv.	— 10°. —	
30	dir.	+ 8°. 05′		18	30	dir.	+ 5°. 30′	
»	inv.	— 8°. —		13	»	inv.	— 13°. —	
25	dir.	+ 9°. —		19	25	dir.	+ 9°. 05′	
»	inv.	— 9°. 05′		14	»	inv.	— 14°. —	
20	dir.	+ 11°. 45′		20	20	dir.	+ 13°. —	
»	inv.	— 11°. 20′		15	»	inv.		
15	dir.	+ 14°. —		21	15	dir.	+ 17°. —	
»	inv.	— 14°. —		16	»	inv.	— 19°. 30′	
10	dir.	+ 17°. 30′	+ 14°. —	22	10	dir.		+ 17°. —
»	inv.	— 17°. 30′	— 14°. —	17	»	inv.		— 17°. —
3	dir.		+ 19°. —	24	3	dir.		+ 23°. —
»	inv.		— 19°. —	23	»	inv.		— 17°. 30′
ψ 1	dir.		+ 26°. 05′	26	1	dir.		+ 30°. —
»	inv.		— 26°. —	25	»	inv.		— 24°. —
0	dir.		+ 31°. 30′	28	0	dir.		+ 35°. —
0	inv.		— 31°. 30′	27	0	inv.		— 27°. 30′
φ								

Qui ciascuno dei risultati delle prove sotto i numeri d'ordine 5, 6, 19, 14, 20, 15, 21, 16, 22, 17, ed anco di quelle sotto i numeri d'ordine 2, 1, 4, 8, 10, 11, 12, 18, 13, 24, 26, 25, 27, deve ritenersi non alterato in causa delle prove che lo precedettero, e ciascuno dei rimanenti deve ritenersi alterato in meno; e noi vediamo verificate tutte cinque le deduzioni della teoria.

RIASSUNTO

Pongo fine a questo scritto riassumendo brevemente le principali cose in esso contenute.

Da considerazioni sui fenomeni dipendenti dal magnetismo dissimulato scoperti dal professor Stefano Marianini e su qualche altro fenomeno magnetico, fummo condotti ad ammettere che un qualunque corpo di sostanza magnetica non abbia da per tutto una medesima forza coercitiva, ma presenti una gradazione di forze coercitive da zero sino ad un certo grado, diverso per le diverse sostanze, così che possa il corpo considerarsi costituito da un grandissimo numero di porzioni (che abbiamo appellate *porzioni omomagnetiche*), ciascuna di volume minimo in confronto di quello del corpo e diffusa tra mezzo alle altre, ed avente da per tutto la stessa forza coercitiva, ma diversa da quella delle altre.

In seguito di considerazioni relative alle azioni puramente smagnetizzanti, abbiamo rispetto ad esse stabilito di tener conto soltanto della proprietà che hanno di far diminuire temporariamente le forze coercitive del corpo sul quale si esercitano.

Riguardando le porzioni omomagnetiche di un corpo costituite da una infinità di particelle elementari, tutte di eguali capacità pel magnetismo, abbiamo osservato che, se un corpo è dotato di magnetismo, in ogni sua particella elementare deve il magnetismo tendere a variare in grazia dell'azione magnetizzante su di essa esercitata dal magnetismo di tutte le altre particelle elementari, e deve anco per se stesso tendere a diminuire; e in correlazione, abbiamo distinto la *tendenza estrinseca*, la *intrinseca* e la *complessiva*.

Abbiamo poi preso a considerare il caso di una verga prismatica o cilindrica, la quale debba essere assoggettata soltanto ad azioni magnetizzanti tendenti a far nascere i poli alle estremità

della verga, ognuna delle quali azioni possa ritenersi agire egualmente su tutte le particelle elementari di essa; ed abbiam convenuto di ammettere che, per azioni di tal fatta, nelle diverse particelle elementari di una medesima porzione omomagnetica si generino dosi di magnetismo tra loro eguali, per cui in esse particelle le tendenze intrinseche sieno sempre tra loro eguali; ed abbiam convenuto anco di ritenere che la tendenza estrinseca riesca la medesima per le diverse particelle elementari della verga e che tenda a far variare il magnetismo nella particella in senso diametralmente opposto a quello del magnetismo sensibile della verga. E, appoggiandoci alle condizioni dell'equilibrio magnetico nelle singole porzioni omomagnetiche della verga, abbiamo stabilito teoremi generali relativi alle diverse intensità ed al senso del magnetismo in queste diverse porzioni sia quando la verga è soggetta ad azione magnetizzante sia quando non lo è. Per mezzo dei quali teoremi abbiamo teoricamente dedotti parecchi fenomeni conosciuti, ed anche alcuni nuovi, relativi alle variazioni prodotte nel magnetismo sensibile di una verga da azioni magnetizzanti e da azioni puramente smagnetizzanti. I principali tra questi fenomeni sono i seguenti:

1. Tutte le volte che una verga di sostanza magnetica si troverà assoggettata ad un'azione magnetizzante che varia in un dato senso, nel medesimo senso dovrà variare anco il suo magnetismo sensibile.

2. Se una verga di sostanza magnetica, nuova in precedenza pel magnetismo, si troverà assoggettata ad un'azione magnetizzante non diminuita, e si vada ad agire su di essa con un'azione puramente smagnetizzante, il suo magnetismo sensibile dovrà crescere.

3. Se invece la verga si troverà assoggettata ad un'azione magnetizzante cresciuta prima sino ad un dato grado, poi diminuita sino ad un altro, purchè la diminuzione avvenuta sia minore di un certo grado, assoggettando la verga ad una serie di azioni puramente smagnetizzanti, minima la prima e le altre di mano in

mano crescenti per gradi minimi, il suo magnetismo dovrà diminuire da principio, poi crescere. — Questo risultamento teorico fu confermato da quelli di appositi esperimenti.

4. Se una verga in precedenza nuova pel magnetismo si troverà sottoposta ad un' azione magnetizzante, la quale, cresciuta prima sino ad un dato grado, abbia poi subita una notevole diminuzione, e quindi un aumento molto minore di questa diminuzione, assoggettando la verga ad una serie di azioni puramente smagnetizzanti, minima la prima e le altre di mano in mano crescenti per gradi minimi, dovrà il magnetismo sensibile della verga sotto queste azioni presentare un aumento da principio, e in seguito una diminuzione. — Apposite sperienze hanno confermato questa deduzione teorica.

5. Se una verga nuova pel magnetismo verrà assoggettata ad un' azione magnetizzante la cui intensità oscilli fra due dati limiti, tutte le volte che quest' azione passerà per un valore intermedio decrescendo, la grandezza del magnetismo sensibile della verga sarà maggiore di quella che avrà luogo tutte le volte che l'azione magnetizzante passerà pel medesimo valore crescendo.

6. Il magnetismo sensibile di un fascio di due o più verghe, e quando il fascio non è soggetto ad alcun' azione magnetizzante e quando è soggetto ad un' azione magnetizzante agente nel senso del suo magnetismo sensibile, o nel senso inverso, deve in generale crescere ove si allontanino tra loro le verghe e diminuire ove di nuovo si accostino.

7. Se una verga venga preparata con due azioni magnetizzanti successive, la seconda opposta alla prima e tale da lasciar la verga priva di magnetismo sensibile; sottoponendola poi ad una azione puramente smagnetizzante non troppo forte, comparirà in essa magnetismo nel senso della prima azione magnetizzante.

8. Se la verga preparata come si è testè supposto venga assoggettata ad un' azione magnetizzante non troppo forte ed agente nel senso della prima azione preparatoria, la verga sotto questa azione presenterà magnetismo sensibile maggiore di quello che

presenterebbe se, invece di essere stata preparata come si è supposto, fosse stata nuova pel magnetismo; e, cessata quest' azione, conserverà magnetismo sensibile maggiore di quello che conserverebbe se fosse stata nuova pel magnetismo.

9. E se la verga preparata come si è supposto venga assoggettata ad un' azione magnetizzante non troppo forte, agente nel senso della seconda magnetizzazione preparatoria, il grado del magnetismo sensibile della verga sotto quest' azione, e il grado del magnetismo sensibile rimanente dopo cessata, saranno rispettivamente minori di quelli che avrebbero luogo se la verga fosse stata nuova pel magnetismo.

10. Una verga, la quale sia stata preparata con tre successive azioni magnetizzanti, la seconda contraria alla prima e convenientemente più debole di essa, e la terza nel senso della prima e convenientemente più debole della seconda, assoggettata ad una serie di azioni puramente smagnetizzanti, minima la prima e le altre di mano in mano crescenti per gradi minimi, presenterà prima una variazione del suo magnetismo sensibile nel senso della seconda azione magnetizzante, poi una variazione in senso opposto ed infine una variazione ancora nel senso della seconda azione magnetizzante. — Ciò fu confermato sperimentalmente.

11. Se una verga venga preparata con tre azioni magnetizzanti successive, i cui gradi noi indicheremo con φ, ψ, ξ; e ψ non superi un certo limite, e sia $\varphi > \psi > \xi$, e la seconda sia opposta alla prima, e la terza opposta alla seconda, e la verga ne rimanga priva di magnetismo sensibile; questa verga per un' azione magnetizzante minore di un certo grado μ, compreso tra ξ e ψ, acquisterà una dose di magnetismo sensibile maggiore o minore di quella che acquisterebbe se non fosse stata preparata, secondo che il senso di tale azione sarà quello della seconda azione preparatoria ovvero l'opposto; invece per un' azione maggiore di μ e minore di un certo grado ν compreso tra μ e ψ, essa acquisterà dose di magnetismo maggiore di quella che acquisterebbe nuova, qualunque poi sia il senso di questa azione; finalmente per

un'azione maggiore di ν e non troppo forte, essa acquisterà una dose di magnetismo sensibile minore o maggiore di quella che acquisterebbe nuova, secondo che il senso di quest'azione sarà quello della seconda azione preparatoria, ovvero l'opposto. — Tutto ciò riuscì verificato da apposite sperienze.

12. Se una verga venga preparata con quattro successive azioni magnetizzanti, la seconda contraria alla prima e minore di essa, e ciascun'altra contraria alla sua precedente e di essa minore, e la verga ne rimanga priva di magnetismo sensibile; potranno i gradi φ, ψ, ξ, ζ di queste quattro azioni essere tali che la verga riesca alterata, rispetto alla sua suscettibilità di acquistar magnetismo sensibile, in maniera che 1.° essa, per un'azione magnetizzante minore di un certo grado μ' compreso tra ζ e ξ, acquisti dose di magnetismo sensibile maggiore o minore di quella che acquisterebbe se fosse nuova, secondo che quest'azione agirà nel senso della terza azione preparatoria ovvero in senso opposto; 2.° per un'azione magnetizzante maggiore di μ' e minore di un certo grado ν' compreso tra μ' e ξ, acquisti magnetismo sensibile maggiore di quello che acquisterebbe nuova, qualunque poi sia il senso di questa azione; 3.° per un'azione magnetizzante maggiore di ν' e minore di un certo grado μ compreso tra ξ e ψ, essa acquisti dose di magnetismo sensibile minore o maggiore di quella che acquisterebbe nuova, secondo che questa azione sarà nel senso della terza azione preparatoria, ovvero in senso opposto; 4.° per un'azione magnetizzante maggiore di μ e minore di un certo grado ν compreso tra μ e ψ, acquisti magnetismo sensibile maggiore di quello che acquisterebbe se fosse nuova, qualunque sia il senso di questa azione; 5.° finalmente, per un'azione magnetizzante maggiore di ν e non troppo forte, essa acquisti magnetismo sensibile maggiore o minore di quello che acquisterebbe se fosse nuova, secondo che il senso di quest'azione sarà quello della terza azione preparatoria ovvero l'opposto. — Anche questo fu sperimentalmente confermato.

Fig. 3. a
Fig. 3. b
Fig. 4.
Fig. 9.
Fig. 10.

Fig. 21.
U'
C
I'
J'
D'
N
E'
G
A
U
B
K
F
U"
Fig. 22.
O
M"
M
M'''
M'
U
Fig. 23.
O
M"
M'
M
U